

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Visites muséales interactives: de la conception par le conservateur à l'exploitation par le visiteur

De Gols, Michaël; Foulard, Frédéric

Award date:
2003

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur
Institut d'informatique
Année académique 2002-2003

**Visites muséales interactives :
de la conception par le conservateur
à l'exploitation par le visiteur**

Michaël DE GOLS
Frédéric FOULARD

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de
Maître en Informatique**

Résumé

Un musée peut être défini comme une institution de recherche qui conserve, communique et expose les témoins matériels de l'homme et de son environnement. Une masse d'information considérable est intrinsèquement liée aux œuvres présentées. En effet, les objets exposés ont chacun une histoire propre et doivent assurément être remis dans leur contexte afin de ne pas dénaturer ou altérer le passé. Ainsi, le musée, en tant que moyen de communiquer les vestiges de notre passé, et les technologies de l'information et de la communication, comme outils de transmission d'information, semblent intimement liés.

Par ailleurs, tout musée contemporain porte une attention de plus en plus grande au visiteur. Progressivement, celui-ci occupe un rôle grandissant et devient une pièce centrale de l'ensemble en tant que juge de la qualité des services fournis. Parallèlement, les technologies de l'information et de la communication sont de plus en plus présentes dans notre vie de tous les jours et des outils de plus en plus performants deviennent disponibles sur le marché. En quoi ces outils peuvent améliorer les services fournis par un musée est précisément la question à laquelle tente de répondre le présent mémoire.

Si l'on met en relation l'idée que l'on se fait d'un musée avec ces technologies, apparaît à première vue l'opposition entre passé et modernité. L'analyse en profondeur des conséquences de l'introduction de ces technologies dans un musée comme le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire permet néanmoins de se rendre compte des bénéfices réels que l'on peut en tirer. Nous proposons ainsi un système d'information permettant au conservateur du musée de concevoir des expositions et au visiteur de s'approprier, d'une manière conviviale et interactive, les éléments d'information qui l'intéressent.

Abstract

A museum can be defined as a research institution that conserves, communicates and exposes the witness materials of human beings and their environments. A considerable amount of information is intrinsically associated with the exposed objects. Indeed, each object has its own history and must be taken in its context in order to avoid to denaturalize it or to alter the past. Therefore, museums, on the one hand, as media of communication of the past, and information and communication technologies, on the other hand, as tools for information dissemination, seems intimately bind.

Moreover, it is a fact that visitors receive more and more attention from modern museums. Progressively, the visitor becomes a central piece of the whole museological system as an unwanted judge of the quality of the services provided by the museum. Concurrently, information and communication technologies are more and more present in our daily life; efficient tools becomes available. In which respect these tools can contribute to improve services provided by museums is precisely the question this memory tried to answer.

Relating the classical perception of museums with that on technologies creates a strong contrast between past and present. However, a deep analysis of the consequences of the introduction of those technologies in a museum, such as the Royal Army and Military History Museum, allows one to realize the real benefits that can be obtained from them. To that end, we propose an information system allowing the museum conservator to conceive expositions and the visitor to appropriate, in a convivial and interactive way, the elements of information of interest to him.

Nous tenons particulièrement à remercier notre promoteur Monsieur Jean-Marie Jacquet pour sa participation active dans la conception de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier tous les membres du personnel du Musée Royal de l'armée et d'Histoire Militaire et tout particulièrement Mademoiselle Sophie Hottat qui a su prendre sur son temps afin de tester notre application ainsi que Monsieur Pierre Lierneux pour ses connaissances historiques.

Un grand merci au personnel de l'Institut d'Informatique de nous avoir permis l'installation de notre programme sur le serveur de l'Institut en mettant à notre disposition les logiciels adéquats.

Nous pensons spécialement à Jean-Bernard et Ravi pour leur aide précieuse.

Nous n'oublions pas tous ceux qui ont volontiers accepté de lire notre mémoire ainsi que l'ensemble de nos proches pour leur soutien.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
PARTIE I CONTEXTE DU MEMOIRE	3
CHAPITRE 1: PRESENTATION DU MUSEE	5
1.1 <i>Introduction</i>	5
1.2 <i>Contexte historique</i>	5
1.3 <i>Structuration</i>	6
1.4 <i>Infrastructure informatique</i>	8
1.5 <i>Lacunes du système en vigueur</i>	9
1.5.1 Supports informationnels	9
1.5.2 Découpe thématique et liens sémantiques	9
1.5.3 Interactivité	11
1.5.4 Informations contextuelles	11
1.5.5 Repères	11
1.6 <i>Evolution de la perception du visiteur</i>	11
CHAPITRE 2: VERS UNE SOLUTION INFORMATIQUE	13
2.1 <i>Apport de l'informatisation</i>	13
2.2 <i>Approches possibles</i>	14
2.3 <i>Technologies disponibles</i>	15
2.3.1 Bornes fixes	15
2.3.2 Appareils portatifs	16
2.3.3 Réseaux sans fil	18
2.4 <i>Description du système adopté</i>	20
2.4.1 Elargissement de l'information	21
2.4.2 Accès à l'information	21
2.4.3 Technologies utilisées	22
PARTIE II APPLICATION DEVELOPPEE	25
CHAPITRE 3: ANALYSE DES EXIGENCES	27
3.1 <i>Statique du problème</i>	27
3.2 <i>Classes d'utilisateur</i>	30
3.3 <i>Cas d'utilisation</i>	32
3.4 <i>Exigences non fonctionnelles</i>	33
CHAPITRE 4: CONCEPTION LOGIQUE	35
4.1 <i>Matérialisation des liens</i>	35
4.1.1 Explication de notre choix	35
4.1.2 En pratique	38
4.2 <i>Conception de l'interface homme-machine</i>	39
4.2.1 Arbre des tâches	39
4.2.2 Graphes d'enchaînement	41
4.3 <i>Logique de la persistance</i>	42
4.4 <i>Composants logiques</i>	45
CHAPITRE 5: LA QUESTION DES TECHNOLOGIES	47

5.1 Introduction	47
5.2 Internet	47
5.3 Navigateur	48
5.3.1 Javascript et VBScript	48
5.3.2 Applet Java	49
5.3.3 Les langages vectoriels	49
5.3.4 Notre choix du côté navigateur	51
5.4 Serveur Web	52
5.4.1 Fonctionnement par délégation	52
5.4.2 Interprétation par le serveur	53
5.4.3 Technologies Java	53
5.4.4 Notre choix du côté serveur	54
5.5 Système de gestion de base de données	55
5.6 Implications des choix technologiques	56
5.6.1 La gestion des plans	56
5.6.2 Découpe physique	57
CHAPITRE 6: L'APPLICATION	59
6.1 Travail préliminaire à l'encodage	59
6.1.1 Localisation et intitulés	60
6.1.2 Découpe thématique et rédaction	60
6.2 L'encodage	62
6.2.1 Encodage d'une salle	63
6.2.2 Encodage d'un thème	66
6.2.3 Encodage d'un descriptif pour une entité	68
6.2.4 Encodage d'un objet	69
6.2.5 Encodage d'un plan	70
6.2.6 Encodage des autres données	72
6.3 Le Site Web	72
6.3.1 Visite classique	72
6.3.2 Visite personnalisée	75
6.3.3 Visite préparée	76
6.4 Adaptation du site Web aux PDA	76
6.4.1 Visite classique	77
6.4.2 Visite personnalisée	77
6.4.3 Visite préparée	77
CHAPITRE 7: EXTENSIONS AU SYSTEME PROPOSE	81
7.1 Support multi langues	81
7.2 Absorption du système actuel	82
7.3 Etude de marché	83
7.4 Création de plan de vitrines	83
CHAPITRE 8: ANALYSE DES COUTS	85
8.1 Coût matériel	85
8.1.1 Premier palier	85
8.1.2 Deuxième palier	86
8.1.3 Troisième palier	86
8.2 Coût humain	87
PARTIE III PERSPECTIVES	89
CHAPITRE 9: EXPLOITER LA POSITION DU VISITEUR	91
9.1 Intérêt d'un module de positionnement	91
9.2 Technologies disponibles	91

9.2.1	L'infrarouge	92
9.2.2	Le système GPS	97
9.2.3	Les réseaux locaux par ondes radio	101
9.2.4	Positionnement par réseaux cellulaires	102
9.3	<i>Conclusion</i>	104
CHAPITRE 10: AMELIORATION DU MOTEUR DE RECHERCHE		105
10.1	<i>Introduction</i>	105
10.2	<i>Indexation sur base de la sémantique latente</i>	106
10.2.1	Problèmes des moteurs de recherche	106
10.2.2	Définition	107
10.2.3	Fonctionnement	107
10.3	<i>Les méthodes de recherche d'images</i>	109
10.4	<i>Les modèles de couleurs</i>	110
10.4.1	Le modèle RVB	111
10.4.2	Le modèle TSL	112
10.5	<i>Représentation d'une image</i>	113
10.5.1	Histogramme de couleurs	113
10.5.2	Histogramme de couleur partiel	113
10.5.3	Anglogramme de couleurs	114
10.6	<i>Méthodes d'analyse d'images basées sur le contenu</i>	114
10.6.1	LSI et histogramme de couleurs	115
10.6.2	Méthode traditionnelle	115
10.6.3	Ajout d'annotations	116
10.7	<i>Conclusion</i>	116
CHAPITRE 11: LA SYNTHÈSE VOCALE		117
11.1	<i>Définition</i>	117
11.2	<i>Bref historique</i>	118
11.3	<i>Un peu d'ingénierie linguistique</i>	118
11.4	<i>Les synthétiseurs Text-To-Speech</i>	120
11.4.1	Traitement du langage naturel	120
11.4.2	Traitement digital du signal	124
11.5	<i>Recherches actuelles</i>	125
CONCLUSION		127
BIBLIOGRAPHIE		129
ANNEXES		133
ANNEXE A: USE CASE		135
	<i>UC Gérer Musée</i>	135
	<i>UC Gérer Salle</i>	135
	<i>UC Gérer Thème</i>	135
	<i>UC Gérer Objet</i>	135
	<i>UC Gérer Donnée Annexe</i>	136
	<i>UC Encoder Document</i>	136
	<i>UC Gérer Vitrine</i>	136
	<i>UC Gérer Plan</i>	136
	<i>UC Effectuer une visite normale</i>	136
	<i>UC Effectuer une visite personnalisée</i>	137
	<i>UC Effectuer une visite préparée</i>	137
	<i>UC Préparer visite</i>	137

ANNEXE B: IHM	139
<i>Schéma général</i>	139
<i>Schéma SALLE</i>	140
<i>Schéma THEME</i>	141
<i>Schéma DONNEE ANNEXE</i>	142
<i>Schéma DOCUMENT</i>	143
<i>Schéma PLAN</i>	144
<i>Schémas Complémentaires</i>	144
ANNEXE C: BASE DE DONNEES	147
<i>Description des tables</i>	147
<i>Description des relation</i>	148
ANNEXE D: PHP ET LA SECURITE	149
ANNEXE E: CODE	151
<i>Fichiers PHP</i>	151
<i>Feuilles de styles</i>	152
<i>Documents</i>	152
<i>Exemple de code PHP</i>	153
<i>Exemple de code SVG</i>	154

Table des tableaux

Tableau 1-1 Informations sur les objets dans l'inventaire	8
Tableau 2-1 Tableau récapitulatif des réseaux téléphoniques mobiles	19
Tableau 2-2 Tableau récapitulatif des réseaux informatiques sans fil.....	20
Tableau 3-1 Tableau récapitulatif des caractéristiques des classes d'utilisateur.....	31
Tableau 4-1 Tableau récapitulatif de la manière de représenter les liens.....	38
Tableau 4-2 Description de l'attribut rôle dans la base de données (Classe « texte »)	42
Tableau 4-3 Description de l'attribut niveau dans la base de données (Classe « image »).....	43
Tableau D-1 Options de contrôle des ressources allouées à un script PHP	149
Tableau D-2 Options de contrôle de l'accès au système de fichier du serveur	149
Tableau D-3 Options de gestion du code	150
Tableau E-4 Fichier de code d'accès à la BD.....	151
Tableau E-5 Fichiers de code effectuant les traitements	151
Tableau E-6 Fichiers de code générant les IHM	151
Tableau E-7 Fichier javascript.....	152
Tableau E-8 Fichiers ccm	152
Tableau E-9 Fichiers de code du module IHM (fichiers svg)	152

Table des figures

Figure 1-1 Photo du plan du musée.....	6
Figure 1-2 Photo de l'entrée de salle russe.....	7
Figure 1-3 Photo d'une vitrine de la salle	8
Figure 1-4 Exemple de lien implicite entre la vitrine des tuniques de tsars et leur garde.....	10
Figure 1-5 Exemple de lien implicite entre le bol à punch et la bataille de Leipzig	10
Figure 2-1 Exemples de Pocket PC: iPaq h1910 (Compaq) et e330 (Toshiba)	16
Figure 2-2 Exemples de e-Book : eBookMan, hieBook, Cabot et goReader.....	17
Figure 2-3 Exemples de Tablet PC.....	18
Figure 2-4 Exemples de Gsm : Nokia Communicator - Sony Ericsson P800.....	18
Figure 2-5 Système proposé	23
Figure 3-1 Diagramme de classe partiel.....	28
Figure 3-2 Diagramme de classe	29
Figure 3-3 Schéma des use case	32
Figure 4-1 Arbre des tâches.....	40
Figure 4-2 Graphe d'enchaînement (objet).....	41
Figure 4-3 Graphe d'enchaînement (descriptif).....	42
Figure 4-4 Schéma logique de la base de données	43
Figure 4-5 Schéma relationnel de la base de données	44
Figure 4-6 Découpe en composants logiques	45
Figure 4-7 Architecture logique intégrée.....	46
Figure 5-1 Découpe physique.....	57
Figure 6-1 Page générale de « Gérer les salles ».....	63
Figure 6-2 Page de création d'une salle	64
Figure 6-3 Introduction d'un titre dans un descriptif.....	65
Figure 6-4 Résultat de l'introduction d'un titre dans un descriptif.....	66
Figure 6-5 Page de création d'un thème.....	67
Figure 6-6 Encodage d'un lien dans un descriptif.....	68

Figure 6-7 Résultat de l'encodage d'un descriptif.....	69
Figure 6-8 Sélection d'un type d'objet	70
Figure 6-9 Création d'un plan	70
Figure 6-10 Placement d'une vitrine sur un plan (1)	71
Figure 6-11 Placement d'une vitrine sur un plan (2)	71
Figure 6-12 Placement d'une vitrine sur un plan (3)	71
Figure 6-13 Types de visites prises en charge par le système	72
Figure 6-14 Page d'accueil du site Web	73
Figure 6-15 Page d'accueil d'une salle	73
Figure 6-16 Page décrivant un thème	74
Figure 6-17 Page pour une donnée annexe	75
Figure 6-18 Ajout d'un thème dans la liste de favoris.....	76
Figure 6-19 Scénario de visite préparée.....	79
Figure 6-20 Exemple concret de visite préparée.....	79
Figure 7-1 Intégration du système de gestion de l'inventaire	82
Figure 7-2 Exemple de plan de vitrines en SVG	84
Figure 9-1 Spectre électromagnétique	92
Figure 9-2 L'architecture du protocole IrDA	93
Figure 9-3 Faisceau diffus contre faisceau direct	94
Figure 9-4 Prototype à base d'IR (gauche) et dispositifs de positionnement (droite)	95
Figure 9-5 Principe de triangulation utilisé par le système GPS.	98
Figure 9-6 L'impact des désynchronisations sur la précision des mesures	99
Figure 9-7 Méthode de positionnement basée sur l'identificateur de cellule + améliorations	103
Figure 10-1 Mode colorimétrique additif.....	111
Figure 10-2 Représentation graphique du codage RVB	111
Figure 10-3 Mode colorimétrique soustractif	112
Figure 10-4 Modèle TSL (hue=teinte, saturation=saturation, value=luminance).....	112
Figure 10-5 Décomposition en cinq sous images	114
Figure 11-1 Schéma général d'un système de synthèse à partir du texte	120
Figure 11-2 Module de traitement du langage naturel	121
Figure 11-3 Phonémisation basée sur dictionnaire (gauche) – basée sur des règles (droite).	122
Figure B-1 Graphe d'enchaînement global.....	139
Figure B-2 Graphe d'enchaînement (salle)	140
Figure B-3 Graphe d'enchaînement (thème)	141
Figure B-4 Graphe d'enchaînement (donnée annexe).....	142
Figure B-5 Graphe d'enchaînement (document)	143
Figure B-6 Graphe d'enchaînement (plan)	144
Figure B-7 Graphe d'enchaînement (vitrine)	144
Figure B-8 Graphe d'enchaînement (descriptif).....	145

Introduction

Les musées ont de tout temps occupé une place importante en tant que gardiens du patrimoine historique de notre société. Les objets exposés constituent généralement des œuvres uniques que ce soit dans l'histoire d'un pays ou dans notre civilisation. Elles permettent de se remémorer les moments cruciaux de l'histoire, d'assouvir notre soif de connaissance ou tout simplement d'être contemplées pour le bonheur des yeux.

Les technologies de l'information et de la communication s'intègrent de plus en plus profondément dans la société si bien que l'on parle actuellement de société de l'information. On remarque cependant que de nombreux musées tardent à entrer de plein pied dans cette révolution, continuant de se satisfaire de méthodes traditionnelles de présentation des informations muséales.

Dans le cadre de ce mémoire et grâce à la collaboration entre les Facultés Notre-Dame de la Paix et le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire, nous avons pu nous pencher d'un peu plus près sur un cas concret. Les collections présentées dans ce musée contiennent des pièces uniques, constituant par cela même une richesse culturelle qui se doit d'être mise en valeur.

Un des buts de ce mémoire est de montrer en quoi une mise à disposition classique de ces collections empêche le visiteur de bénéficier pleinement de ces richesses. Nous essayerons également de faire comprendre au lecteur l'intérêt de mettre à profit les nouvelles technologies pour répondre à ce problème. Dans cette optique, nous présenterons une application d'exploitation de données muséales mettant en œuvre ces technologies.

Le mémoire comprend trois parties. La première partie s'efforce de situer le contexte du mémoire. Le chapitre 1 présente la situation actuelle au sein du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire tant du côté de son fonctionnement que des lacunes qui ont pu être relevées dans le système en place. Le chapitre 2 décrit les bienfaits que pourraient procurer la mise en place d'une solution informatique appropriée, les approches possibles afin de la réaliser ainsi que les outils mis à notre disposition. Ce chapitre précisera également l'approche que nous avons décidé d'adopter.

La deuxième partie concernera l'application que nous avons choisi de développer. Nous détaillerons le cycle de conception de celle-ci en commençant par un cahier des charges présenté au chapitre 3. Nous enchaînerons par la conception logique de l'application pour ensuite poursuivre sur les choix technologiques effectués afin de répondre au mieux aux besoins du musée ainsi qu'aux exigences que nous nous sommes fixées. Cela fera l'objet des chapitres 4 et 5 qui seront suivis par une présentation de l'application sous la forme d'un mode d'emploi destiné aux employés du musée, au chapitre 6. Le chapitre 7 détaillera brièvement les améliorations immédiates pouvant être apportées à l'application. Le chapitre 8, enfin, analysera les coûts de mise en œuvre d'un tel système aussi bien du point de vue matériel qu'humain.

La troisième partie clôturera ce mémoire en analysant des champs de recherche intéressants dans une optique d'amélioration du service fourni aux visiteurs du musée. On s'interrogera notamment dans le chapitre 9 sur l'intérêt de munir le système d'un module de localisation automatique du visiteur et des technologies mises à notre disposition pour le

réaliser. Des chercheurs tentent de trouver des alternatives aux méthodes habituelles de recherche en bases de données, en axant leurs recherches sur le contenu sémantique lié à un document. Ces recherches feront l'objet du chapitre 10. Au chapitre 11, nous terminerons par une introduction à la synthèse vocale en présentant les principaux concepts d'ingénierie linguistique et les perspectives que ce champ de recherche laisse présager en vue d'une exploitation au sein du musée.

PARTIE I

Contexte du mémoire

Chapitre 1: Présentation du musée

Ce chapitre a pour but de décrire l'organisation du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire (MRA). Il nous permettra de planter le cadre général du mémoire et de décrire le contexte dans lequel les solutions informatiques décrites aux chapitres suivants ont été adoptées.

1.1 Introduction

Le Musée Royal de l'Armée, établissement scientifique de l'Etat fédéral belge, fonctionne sous l'autorité directe du Ministre de la Défense et a pour mission générale « La recherche, l'acquisition, la conservation et la mise à la disposition du public de documents, études, publications ou objets ayant trait à l'histoire militaire dans son sens le plus large ».

Visité annuellement par quelques 250.000 visiteurs, il offre, du X^e siècle à l'époque contemporaine, un parcours riche et diversifié dans le temps : armures médiévales, souvenirs des Pays-Bas autrichiens, de la révolution brabançonne, de l'armée napoléonienne, de Waterloo et de l'histoire militaire belge de 1830 à la première guerre mondiale, mais aussi mémorial des deux guerres mondiales, musées de l'air, de la marine et des blindés.

Activement soutenu par son service éducatif, qui aide les enseignants par des visites guidées, des dossiers, des questionnaires et des jeux, le Musée est aussi un important centre de recherche, mettant à la disposition des chercheurs comme du grand public, une riche bibliothèque et des archives historiques, ainsi qu'un nombre considérable de cartes, d'estampes, d'affiches et de photos.

Siège de la Commission internationale d'Histoire militaire, le Musée organise régulièrement colloques et congrès et est étroitement associé aux activités de l'ICOM, l'Association internationale des Musées, et de l'IAMAM, l'Association internationale des Musées militaires.

Le Musée est activement aidé par cinq associations d'amis : les ASBL « SRAMA », « Air et Espace », « Tank Museum », « Marine » et « Museum Promotion »¹.

1.2 Contexte historique

Le Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire fût inauguré par le roi Albert I^{er} le 22 juillet 1923. A cette époque, il contenait principalement des objets provenant de la première guerre mondiale. Dans les années 1940-1944, le musée est fermé au public ; seule la bibliothèque demeure accessible. Par la suite, le fonctionnement du musée se modernise progressivement amenant ainsi l'ouverture de diverses sections et favorisant l'accès et le développement de la bibliothèque, des archives et du cabinet des estampes. En 1972, le hall

¹ Citation de Patrick Lefèvre, Directeur du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire

de l'aviation ouvre ses portes, suivi plus tard par la collection des tanks, la collection Armes et Armures et la section Marine. Depuis le 10 juin 1998, le musée s'est enrichi d'une nouvelle salle « Résistance et Déportation pendant la Seconde Guerre mondiale ».

Les diverses armes² qui composent l'armée belge sont présentes dans le musée permettant ainsi à l'institution d'offrir un panorama de plus de 1.000 ans d'histoire militaire sous ses aspects les plus divers : technologiques, artistiques et historiques.

1.3 Structuration

Le musée est divisé en une dizaine de salles agencées entre elles selon une logique basée sur des critères d'ordre chronologique ou thématique. Depuis peu, il dispose d'une deuxième partie, la halle Bordiau, où seront créées une autre dizaine de salles. Cette halle sera aménagée dans le but d'accueillir l'exposition permanente « Les conflits contemporains au 20^{ème} siècle ».

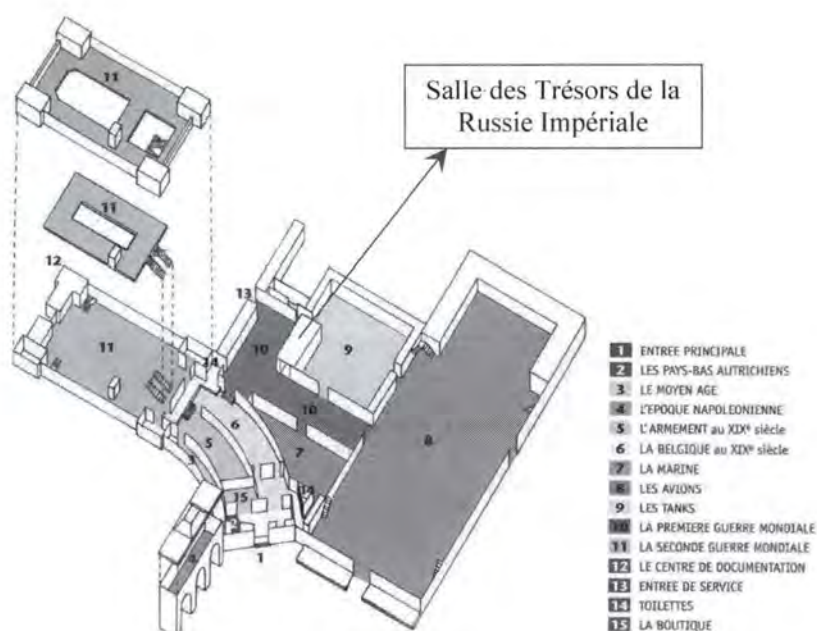


Figure 1-1 Photo du plan du musée

La plupart des objets sont exposés dans des vitrines, elles-mêmes situées dans des salles, de façon à grouper les objets selon une certaine logique thématique. Le visiteur peut donc se balader à travers ces diverses salles et consulter des textes dits de niveau un, situés à l'entrée de celles-ci, lui expliquant le contenu de la salle devant laquelle il se trouve. A

² Comprenant la force terrestre, la force aérienne, la marine et le corps médical

l'intérieur, se trouvent d'autres grands textes, dits de niveau deux, visant à expliquer les différents thèmes inhérents à la salle. Enfin les objets exposés disposent de petits intitulés, dits de niveau trois, de 4-5 lignes. De temps à autres, le visiteur trouvera sur son chemin des bornes où tournent en boucle des vidéos de témoignages ou reportages historiques. Certaines salles passent également une bande sonore comme fond musical. Les objets sont liés à leurs étiquettes descriptives à l'aide de numéros identifiants placés dans les vitrines au côté des objets. Dans certaines salles, une image, reprend les contours des objets présents dans la vitrine afin d'aider le visiteur à les situer plus rapidement. Cette image permet également de lier les objets à leur descriptif respectif.

Afin de mieux illustrer nos propos, nous allons tout au long de notre mémoire nous servir de la salle « Les trésors de la Russie impériale » comme fil conducteur. Cette salle est l'exemple typique des remarques précédentes. Ainsi, un texte explicatif, disponible en français et en néerlandais, est situé à son entrée comme l'illustre la figure 1-2.



Figure 1-2 Photo de l'entrée de salle russe

De même, comme le lecteur peut le remarquer sur la figure 1-3, des textes de niveau deux sont repartis dans le but d'aider le visiteur à mieux comprendre la thématique de la salle et des textes de niveau trois expliquent brièvement les objets exposés en vitrines. Ces textes sont toujours présentés en deux langues.



Figure 1-3 Photo d'une vitrine de la salle

1.4 Infrastructure informatique

Le musée ne dispose pas d'une grande infrastructure informatique. Les ordinateurs, pour la plupart des Macintosh, sont reliés entre eux grâce à un réseau 10-100 Mbps. Les membres du personnel communiquent entre eux à l'aide de courriers électroniques, de post-box³ ou tout simplement par téléphone. Un site Internet, hébergé directement sur un des serveurs, est disponible et reprend quelques informations sur le musée dont notamment un bref résumé de chacune des salles. L'inventaire des objets exposés dans les salles ou présents en réserve est disponible sur papier et depuis peu sur machine. Ils contiennent tous deux les mêmes informations, à savoir les renseignements suivants :

Tableau 1-1 Informations sur les objets dans l'inventaire

Emplacement	Provenance	Dénomination de d'objet
Nature de l'objet	Datation	Auteur
Pays de fabrication	Description	Poinçons
Dimensions	Matériaux	Etat de conservation
Remarques	Bibliographie	Exposition
Reproduction	Valeur à assurer	

Toutefois, la masse d'informations présentes dans l'inventaire machine est pour l'instant encore limitée. Cet inventaire se devrait de reprendre toutes les informations

³ Mécanisme de répertoire partagé disponible sous Macintosh et permettant à chaque utilisateur présent sur le réseau de partager ses fichiers et de consulter ceux posés dans les post-box des autres.

présentes dans l'inventaire papier. En pratique, étant donné le temps qui serait nécessaire à son encodage, l'inventaire machine ne reprend en général que la description et l'emplacement, parfois imprécis, des objets ce qui réduit son utilité.

L'inventaire machine est disponible via Internet et permet de retrouver des objets en fonction de leur type ou de leur nom. Cependant, les champs de localisation des objets n'étant pas toujours remplis, la base de donnée ne peut nous renseigner que sur la présence des objets exposés dans le musée.

Notons également que, en plus du manque d'informations encodées, des problèmes de conservatisme, les habitudes du personnel et la crainte d'un système non fiable viennent freiner l'utilisation de l'inventaire machine.

1.5 Lacunes du système en vigueur

1.5.1 Supports informationnels

Une des principales lacunes provient des supports utilisés afin de présenter l'information. Parmi ceux-ci, citons l'utilisation de feuillets, de panneaux et de vignettes. Les informations sont donc essentiellement textuelles et deux problèmes majeurs peuvent être mis en évidence. Premièrement, ce système ne permet pas l'encodage de toute l'information souhaitée. Deuxièmement, ces supports n'ont en général que peu d'attrait pour un visiteur. En effet, il est compréhensible que le visiteur ne s'intéresse que rarement à des textes se trouvant en bas de vitrines et présentés sur des supports relativement petits. Nous pouvons généraliser cette remarque à l'ensemble des textes du musée, qu'ils soient de niveau un, deux ou trois. Par conséquent, le visiteur se promène généralement de vitrine en vitrine en ne prenant pas le temps de lire les textes et donc en ne sachant pas précisément ce qu'il est en train de regarder.

L'utilisation unique de supports textuels comme « guide » entraîne également d'autres désavantages. Situé en pays multilingue et accueillant de manière permanente des touristes étrangers, le musée doit faire face au problème des langues. Or seules deux langues sont utilisées sur les écriteaux et réduisent encore la place disponible. En outre, le seul emploi de texte ne peut permettre au visiteur de percevoir de façon intuitive la découpe thématique au sein de la salle. Enfin, l'emploi de texte de niveau deux limite la découpe en thèmes à un seul niveau.

1.5.2 Découpe thématique et liens sémantiques

Deuxième lacune, et ceci est le principal regret du personnel, le visiteur n'aperçoit que faiblement les liens implicites provenant de la disposition des salles et des objets en leur sein. La photo suivante illustre nos propos. Les tuniques des tsars sont disposées de manière à être en face des tuniques de leur garde personnelle, détail que seul un observateur averti peut remarquer.



Figure 1-4 Exemple de lien implicite entre la vitrine des tuniques de tsars et leur garde

Une multitude de cas similaires existent. C'est d'autant plus regrettable que le personnel du musée attache une grande importance à la création des salles ainsi qu'à leur emplacement. L'exemple précédemment cité reliait deux thèmes. « Les tuniques des tsars » et « Les tuniques de la garde impériale ». De même, d'autres liens peuvent exister au sein d'une même salle ainsi qu'entre salles. Citons à titre d'exemple la représentation de la bataille de Leipzig sur le bol à punch de l'argenterie cosaque (figure 1-5). Cette représentation peut être mise en relation avec la peinture de la Bataille de Leipzig, également représentée sur la figure 1-5. Autre exemple, la salle russe comprend la représentation de la plupart des membres de la dynastie des Romanov. Il existe donc une sorte de thème transversal dans la salle : "les Romanov" qui reprend les liens entre les différents membres.

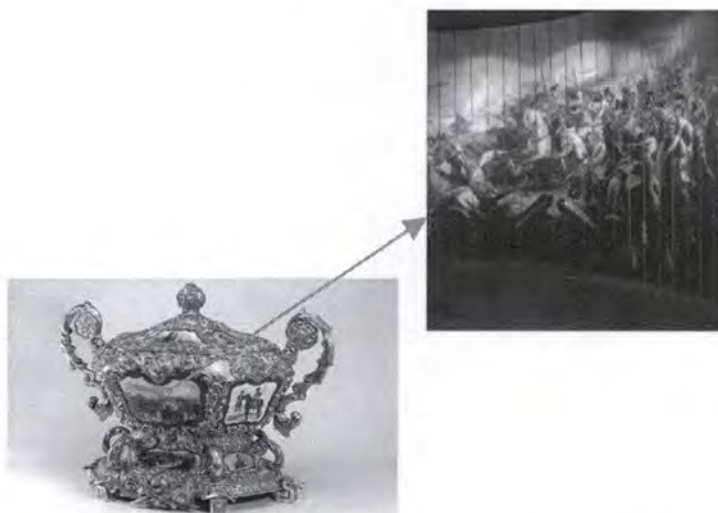


Figure 1-5 Exemple de lien implicite entre le bol à punch et la bataille de Leipzig

1.5.3 Interactivité

L'emploi de textes n'est pas uniquement problématique pour les faits cités ci-dessus. Malgré l'emploi de quelques télévisions diffusant en boucle de petites vidéos ou quelques bandes sons passées en boucle dans certaines salles, un manque manifeste de diversité des moyens informatifs est à observer, ce qui rend l'ensemble rébarbatif et manquant grandement d'interactivité.

1.5.4 Informations contextuelles

L'ensemble des informations présentées ne reprend qu'en grande partie la description sommaire des objets et des thèmes. Il serait intéressant de disposer d'informations plus générales, par exemple des historiques sur les personnages ou bien des lexiques pour expliquer certains termes.

1.5.5 Repères

Il est également à noter que le visiteur n'est pas suffisamment guidé à travers le musée. A moins qu'il ne prenne des fascicules à l'entrée, il ne disposera pas, par exemple, de plan. Il n'a donc que peu de moyen de se situer une fois à l'intérieur. Les flèches et écriteaux présents aident néanmoins les visiteurs mais il leur est difficile de déduire leur position à tout instant et de manière précise par rapport à la globalité du musée.

1.6 Evolution de la perception du visiteur

De nos jours, la perception du visiteur d'un musée se doit d'être revue. Autrefois entièrement subventionnés par l'Etat, les musées doivent de plus en plus être capables de générer eux-mêmes leurs revenus. Dans ce contexte, l'utilisateur ne peut plus être perçu comme un visiteur occasionnel auquel le seul service offert consiste en la présentation d'une multitude d'objets plus ou moins classés. Les services offerts doivent s'étendre afin de faire venir et revenir le visiteur. Ce point est très important pour souligner la nécessité d'un changement et, comme nous allons le montrer, le besoin d'utiliser les capacités de l'informatique.

Chapitre 2: Vers une solution informatique

Le chapitre précédent a souligné les lacunes tant au niveau du contenu qu'au niveau de la présentation : manque d'information disponible⁴, manque de diversité des moyens de diffusion⁵, manque flagrant d'interactivité et manque de repères.

Des efforts ont déjà été déployés pour pallier en partie ces lacunes. Les visiteurs peuvent commander à l'avance des visites guidées ou encore des activités pour les plus jeunes ainsi que disposer de fascicules sur le musée. D'autre part, des vidéos, des sons ou récits ainsi que des mises en situation (telle un bunker ou une tranchée reconstitué dans la salle sur la première guerre mondiale) sont déjà sur pied. Notre travail tente de montrer qu'une informatisation bien conçue peut aussi contribuer à pallier grandement ces lacunes.

2.1 Apport de l'informatisation

Afin de justifier la mise en place d'un système informatique, voyons point par point en quoi il pourrait remédier aux lacunes précitées.

Un système informatique écarterait d'emblée les lacunes liées au support papier. Il n'y aurait plus de limites de taille pour décrire l'information. Il serait possible d'affiner les thèmes en étendant le niveau deux en une multitude de niveaux. Le caractère figé du support papier disparaîtrait au profit d'une présentation modulable. Le système pourrait également s'adapter à la langue du visiteur, en prenant en compte non seulement les langues nationales mais aussi d'autres langues étrangères tel que l'anglais. Il serait désormais possible de diversifier verticalement la masse d'informations muséales en la complétant par des historiques de personnages ou de familles ou en l'enrichissant par des explications sur l'intérêt de l'exposition de certaines pièces, sur leur implication dans l'histoire et bien d'autres choses encore. Cette diversification se ferait également horizontalement car aux textes viendraient s'ajouter des images et montages vidéo ou sonores. Toutes ses considérations tendraient donc à étendre la richesse et le confort de consultation de l'information présentée.

Le manque d'interactivité présent dans le système actuel laisserait place à un système au fort potentiel interactif. Il serait en effet possible de définir des recherches personnalisées parmi les données muséales, d'adapter les visites en fonction des utilisateurs, de permettre la navigation par liens hypertextes dans les informations,...

Troisièmement, les liens entre objets ou thèmes pourraient être construits relativement facilement par le simple ajout d'une relation entre des données sémantiquement liées et la « navigation » entre ces liens se ferait de manière intuitive pour les visiteurs. Citons parmi ces relations des liens entre objets, vitrines, salles, thématiques, etc.

Accessoirement, l'informatique a le potentiel d'améliorer le guidage des visiteurs en lui fournissant à tout moment des informations sur sa position ou sur le moyen d'atteindre un endroit précis dans le musée.

⁴ Que ce soit au niveau de la découpe thématique, des liens entre objets ou du contexte historique

⁵ Par moyens de diffusion, nous entendons des textes, des vidéos, du son,...

Enfin, une solution informatique apporterait un plus au niveau du profilage du visiteur. Tous les visiteurs ne seraient pas traités de façon uniforme mais le système pourrait s'adapter en fonction du profil type de l'utilisateur et ainsi lui fournir une visite plus adaptée à ses besoins.

L'informatique nous permettrait donc bien de résoudre les objectifs fixés. Cependant, elle aurait également l'avantage de n'être quasiment pas limitée dans son utilisation, comme nous le verrons par la suite. Ainsi, une bonne informatisation ne comblerait pas uniquement ces manquements mais serait aussi capable d'aller bien au-delà.

2.2 Approches possibles

Une première approche, la plus simple, serait d'implémenter une application, de type encyclopédie, disponible sur cd-rom. Celle-ci contiendrait un certain nombre d'informations additionnelles aux thèmes abordés dans les salles. Ce cd-rom serait accessible via des bornes au sein même du musée. Cette solution aurait l'avantage d'augmenter le degré d'interactivité de façon substantielle ainsi que de faciliter la visite grâce notamment à des possibilités de recherches ou de personnalisation. Néanmoins cette solution n'est pas suffisante dans le cas d'un musée de part le caractère changeant de ce dernier. De nouvelles configurations de salles apparaissent, des objets bougent, de nouveaux liens historiques apparaissent, tout cela nécessitant un changement fréquent des informations liées au musée. Nous voyons dès lors une première limite à ce genre de solution : la rigidité.

Il est important de préciser ici qu'un cd-rom a justement été commandé par le musée, et devrait être présenté dans l'exposition sur les conflits contemporains. Cependant, il ne satisfait pas les exigences du personnel. En plus du problème de rigidité (en effet, la nature du support implique que le contenu soit figé), ce cd-rom s'apparente plus à une encyclopédie qu'à un reflet de ce qui est présenté dans l'exposition. Notons enfin que le commerce de ce genre de CD est en chute libre depuis l'émergence d'Internet qui apporte bien plus de possibilités à un coût plus attractif. Si le musée envisageait de mettre en vente ce produit à la sortie du musée, il ne dégagerait probablement pas de grosses rentrées financières. Néanmoins, signalons que ceci n'est pas le but premier du musée.

Cette première approche pourrait être légèrement modifiée de sorte que le programme soit disponible via Internet. Ainsi, un simple site Web pourrait être implémenté en lieu et place d'un cd-rom. Des bornes au sein du musée seraient toujours disponibles afin d'accéder à ce site et permettraient donc de fournir l'information aux visiteurs lors de leurs visites. Cette variante permettrait de toucher un plus large public et de susciter chez certains l'envie de se rendre au musée en lui présentant un avant-goût des collections. Les bornes ne seraient pas le seul moyen de consulter l'information, elle pourrait être consultée à partir d'appareils portatifs reliés à un réseau sans fils, nous y reviendrons par après.

Toutefois, ces deux approches ont comme principal défaut de ne pas permettre d'augmenter la quantité d'informations présentes une fois l'implémentation bouclée. Ces solutions s'avèrent dès lors beaucoup trop rigides pour un musée en perpétuelle évolution. Précisons que la deuxième solution n'est pas aussi rigide que la première. Un informaticien pourrait étendre les informations ou les changer en créant ou en modifiant les pages Web. Il suffirait donc au musée d'engager un Webmaster afin de s'assurer du suivi du site.

Une troisième approche serait d'implémenter un programme qui permettrait au personnel du musée d'encoder lui-même les informations souhaitées. Cette solution sous-entendrait la centralisation des informations sur un ou plusieurs serveurs, indexées par une base de données. Ces informations seraient accessibles via un réseau qui permettrait à un grand nombre d'en profiter et cela à partir d'une seule source. Cette source serait potentiellement extensible à souhait au niveau du stockage d'information ainsi que du support de nouvelles fonctionnalités. Nous y reviendrons plus en détail dans la section 2.4.

2.3 Technologies disponibles

Les technologies disponibles aujourd'hui afin de présenter aux visiteurs cette masse d'informations sont multiples. Elles ont néanmoins un certain nombre de points communs : elles permettent de multiplier les moyens de diffusion de l'information par rapport au système en place au musée. Ces solutions facilitent également l'accès à l'information en permettant aux visiteurs de disposer de toute l'information disponible au même endroit et en lui évitant des déplacements inutiles. En effet, le système actuel implique pour le visiteur des déplacements à travers les salles afin de lire les textes de niveau 1, 2 et 3 qui sont chacun dispersés à travers la salle. Notons que ceci ne lui permet pas de voir intuitivement la découpe thématique de la salle du premier abord.

Ce mémoire étant en partie le prolongement d'un mémoire réalisé l'année passée [JBL2002], nous nous contenterons ici de décrire brièvement les outils à notre disposition afin de présenter les informations aux visiteurs. De plus, nous nous concentrerons sur les supports qui vont de pair avec la mise en place d'une solution informatique tout en étant conscient qu'il existe des solutions autres telles les VHS ou les DVD-Vidéo, solutions qui, toutefois, présentent incontestablement des défauts d'interactivité et de flexibilité⁶.

Il reste à nous demander quels sont les moyens de visualisation des informations consultées via le réseau et comment ils vont communiquer entre eux. Nous pouvons regrouper ces outils suivant deux classes : les bornes fixes et les appareils portatifs. Il s'agit ici de comparer deux systèmes qui diffèrent de par la quantité d'informations présentables simultanément et l'influence qu'ils ont sur la mobilité du visiteur.

2.3.1 Bornes fixes

Les bornes fixes peuvent prendre la forme de simples ordinateurs de bureau ou bien de terminaux reliés à un serveur central. Ces bornes pourront être munies d'un écran normal (plat ou non), reliées à un projecteur, ou encore à un écran de télévision. Malgré ces variations, la mobilité du visiteur est réduite par le caractère fixe de la borne et elle ne lui permet pas d'être en même temps en contact avec l'environnement réel du musée ainsi qu'avec les informations sur cet environnement. Néanmoins, les bornes permettent d'afficher à l'écran une quantité d'informations supérieures à un ordinateur de poche. Ces possibilités accrues au niveau de la longueur des textes ou de la taille des images permettent de présenter les informations de manière plus claire et plus complète que sur l'écran d'un appareil portatif.

⁶ Notons néanmoins que le visiteur qui était totalement passif lors du visionnage d'une VHS devient actif dans une certaine mesure grâce au DVD-Vidéo via la navigation à travers le support.

2.3.2 Appareils portatifs

Comme décrit dans [JBL2002], les appareils portatifs peuvent être de plusieurs types : organisateurs de poche, appelés PDA ou Personal Digital Assistant, livres électroniques, tablet PC ainsi que GSM de 3^e génération.

Personal Digital Assistant (PDA)

Au début simple agenda électronique, les PDA ont connu diverses évolutions tant au niveau technique qu'au niveau des fonctionnalités proposées. Ce sont maintenant de véritables « mini-pc » grâce notamment aux efforts de Microsoft qui a adapté son système d'exploitation Windows afin de le rendre compatible avec ces appareils. Au niveau technique, les plus récents peuvent atteindre les 400 Mhz de vitesse processeur ainsi que 64 Mo de mémoire vive. Ils intègrent les fonctionnalités de lecteur vidéo/mp3, d'appareil photo numérique, d'agenda électronique ainsi que de navigateur Web et d'autres fonctionnalités présentes sur les systèmes d'exploitation de type Windows⁷. A l'aide de cartes additionnelles, ils peuvent facilement communiquer avec d'autres PC grâce à des réseaux sans fil de tout type. Ces possibilités de communication sont d'ailleurs de plus en plus intégrées en standard. Les derniers vont même jusqu'à intégrer toutes les fonctions d'un téléphone portable à savoir téléphoner, envoyer des SMS ou des messages vocaux, etc.

Ils existent pour l'instant deux grands types de PDA : ceux qui se basent sur les systèmes d'exploitation de Windows Microsoft et qui se font appeler Pocket PC⁸ et ceux qui se basent sur les systèmes d'exploitation de Palm à savoir PalmOS.



Figure 2-1 Exemples de Pocket PC: iPaq h1910 (Compaq) et e330 (Toshiba)

Livres électroniques

Alors qu'ils sont peu connus du grand public, les livres électroniques, aussi appelés e-Book, représentent néanmoins un concept intéressant. Apparus fin des années 90, ils sont caractérisés par un écran pouvant aller du format A5 à la page A4 tout en acceptant des

⁷ Fonctionnalités nettement plus réduites que celle de Windows XP mais celles-ci se développent assez rapidement.

⁸ Pocket PC est en réalité le nom donné à la nouvelle version de Windows CE. Il est néanmoins courant d'appeler ces appareils de la sorte.

résolutions pouvant aller jusqu'à 800 x 600 pixels. Leur fonction principale est de permettre la lecture d'ouvrages sous forme numérique.

En tant que lecteur de livres électroniques, l'e-Book offre diverses fonctionnalités. Il sera ainsi possible de placer des signets, de souligner des passages, d'insérer des notes personnelles... Les livres électroniques peuvent être téléchargés, gratuitement ou de manière payante, sur Internet depuis certains sites spécialisés.



Figure 2-2 Exemples de e-Book : eBookMan, hieBook, Cabot et goReader

Bien que permettant de présenter plus d'informations qu'un PDA, les e-Book restent handicapés par un prix élevé, un nombre restreint de fonctions disponibles et des conflits de normes qui ralentissent leur essor. Dès lors, si son avenir sous sa forme actuelle semble définitivement bouché, l'ajout de fonctionnalités pourrait lui donner un second souffle.

Tablet PC⁹

Nous venons de présenter les avantages et inconvénients des livres électroniques en précisant la voie à suivre pour les améliorer. Le concept de Tablet PC tente de répondre à ces lacunes. Il s'agit de réunir la mobilité d'un PDA ou d'un livre électronique avec la puissance et la polyvalence d'un ordinateur portable. Le Tablet PC dispose des caractéristiques techniques et fonctionnelles d'un ordinateur portable mais est muni en plus d'un écran de type PDA à savoir muni d'un écran manipulé par stylet. Cet écran, de la taille d'un e-Book, sera donc plus apte à répondre aux besoins de certaines applications et permet un confort d'utilisation accru. En fonction des modèles, un Tablet PC pourra ou non être utilisé comme un ordinateur portable, l'utilisateur n'usant des fonctionnalités Tablet PC que lorsque le besoin s'en fait sentir. D'autres modèles ne disposent que d'un écran tactile mais pourront être reliés sur une station fixe et munis d'un clavier et d'une souris. Le Tablet PC fonctionne actuellement avec un système d'exploitation de type Windows¹⁰ qui présente les mêmes caractéristiques que la version de bureau avec en prime des fonctionnalités spécifiques et liées à l'utilisation du stylet.

⁹ Le lecteur intéressé pourra trouver dans les sites de références <http://www.tabletpctalk.com/> et <http://tabletpc.sorobangeeks.com/> les caractéristiques des derniers modèles sortis sur le marché ainsi que des nouvelles avancées dans le domaine.

¹⁰ <http://www.microsoft.com/france/windows/xp/tabletpc/>



Figure 2-3 Exemples de Tablet PC

Téléphone portable

En Belgique, selon les derniers chiffres de l'Institut National des Statistiques, trois quarts de la population belge possède un GSM¹¹. Etant donné que les fonctionnalités de ceux-ci ne cessent de s'accroître, il nous paraît nécessaire d'en toucher un mot. Les plus récents GSM incorporent des agendas électroniques, sont capables de lire et d'envoyer des mails et permettent l'accès à Internet. Dans l'avenir, la plupart des GSM incorporeront des fonctions multimédia. Nokia propose déjà à l'heure actuelle un GSM permettant l'écoute de la radio ainsi que le stockage et la lecture de fichiers musicaux numériques.



Figure 2-4 Exemples de Gsm : Nokia Communicator - Sony Ericsson P800

Après le son, ce sera au tour de la vidéo. Le téléchargement d'une séquence filmée et l'envoi d'images en temps réel sera possible grâce à l'UMTS, appelé à succéder au standard GSM et offrant un taux de transfert plus important.

2.3.3 Réseaux sans fil

Tant les appareils portatifs que les bornes interactives peuvent nécessiter d'être reliés à un réseau. Cependant, il ne serait pas très pratique de relier les appareils portatifs au réseau à l'aide de câbles. La mise en place d'une solution informatique utilisant ces supports supposera donc la mise en place d'un réseau muni de connexions sans fil. Nous commencerons par un bref aperçu des capacités de transfert pour les GSM avant de présenter les moyens de communication sans fil pour les ordinateurs.

¹¹Statistique provenant du site www.statbel.fgov.be/figures/d75_fr.ASP (chiffres datant d'octobre 2001)

Réseaux téléphoniques mobiles

Lors de la création de la téléphonie mobile, le standard GSM¹² fut créé. Ce standard utilise deux fréquences qui lui sont réservées : le 900 Mhz et le 1800 Mhz, et un mode de transfert par circuit fonctionnant à la vitesse de 9,6 Kbits/s. Le mode circuit signifie que le chemin qu'emprunteront les données qui seront échangées entre deux appareils est fixé lors de l'établissement d'une connexion et réservé pendant toute la durée de la connexion, utilisant dès lors les capacités du réseau, même lorsque aucune donnée n'est envoyée ou reçue. L'utilisateur d'un appareil GSM doit donc payer en unité de temps passé connecté.

Depuis quelques années, les téléphones portables sont en mesure de se connecter à Internet grâce au WAP. Cependant, le débit du standard GSM est trop faible pour permettre une navigation confortable. C'est sans doute pourquoi le WAP n'a pas rencontré le succès attendu.

Récemment, la seconde génération de téléphones mobiles a été lancée : le GPRS¹³. Il s'agit d'une évolution du standard GSM permettant des débits de transmissions allant de 40 à 115 Kbits/s. De même, le mode de transmission passe d'une transmission par circuits à une transmission par paquets ce qui permet plus de souplesse dans le routage des transmissions et une meilleure gestion du réseau. L'utilisateur peut ici payer par paquets envoyés et reçus et donc en quantité de données échangées plutôt qu'en temps de connexion.

Pour le futur, une troisième évolution surnommée EDGE¹⁴ verra le jour. De même, l'UMTS¹⁵ apparaîtra également. Si EDGE ne nécessitera, tout comme GPRS, que de nouveaux GSM pour les utilisateurs, UMTS imposera le déploiement d'un tout nouveau réseau étant donné qu'il fonctionnera sur une nouvelle fréquence (2 GHz).

Tableau 2-1 Tableau récapitulatif des réseaux téléphoniques mobiles

	Bandes de fréquences	Débit maximum	Mode de transmission
GSM	900 MHz, 1800 MHz	9,6 Kbits/s	Circuit
GPRS	900 MHz, 1800 MHz	115 Kbits/s	Paquets
EDGE	900 MHz, 1800 MHz	384 Kbits/s	Paquets
UMTS	2 GHz	2 Mbits/s	Paquets

Réseaux informatiques sans fil

Il existe pour l'instant trois normes principales de réseaux informatiques sans fil utilisant les ondes radio : Wi-Fi, HomeRF et Bluetooth. Wi-Fi est une norme établie par l'IEEE. Ces réseaux atteignent la vitesse théorique de 54 Mbits/s et couvrent une distance de 150 mètres selon la norme 802.11g. HomeRF est une technologie à usage domestique développée par le HomeRF Working Group Inc qui comprend des acteurs comme IBM, Compaq, Hewlett-Packard, Intel et Microsoft. Pour une vitesse de débit sensiblement inférieure à la dernière norme Wi-Fi (10 Mbits/s), ceux-ci ont l'avantage de permettre un chiffrement d'au moins 128 bit contre 40 bits pour Wi-Fi. Par contre leur portée est moindre

¹² Global System for Mobile communication

¹³ General Packet Radio Service

¹⁴ Enhanced Data Rate for GSM Evolution

¹⁵ Universal Mobile Telecommunications System

(15 mètres sauf pour la version 1.6 Mbits/s qui elle atteint les 45 mètres de portée). Enfin, Bluetooth, créé par Ericsson, ne se veut pas un concurrent direct des normes précédentes. Son but est de permettre le dialogue sans fil entre les équipements personnels (PDA, périphériques, GSM, ...). Sa vitesse est d'ailleurs nettement moins élevée puisque celle-ci est de 1 Mbits/s pour une distance de maximum 10 mètres. Actuellement, c'est la norme Wi-fi qui se démarque et qui tente à s'imposer sur le marché des réseaux sans fils.

Signalons enfin pour être complet qu'il existe également des solutions par infrarouge. En 1999, le protocole créé par l'Infrared Data Association¹⁶ (IrDA), fût amélioré. Il est désormais possible de communiquer à des vitesses allant jusqu'à 16 Mbits/s. Seulement, excepté certaines solutions propriétaires, la distance entre les dispositifs doit être inférieure à 2m. Cette solution ne nous semble donc pas très appropriée à nos besoins présents. Nous verrons néanmoins, lors d'une analyse plus approfondie dans la troisième partie du présent mémoire, que l'infrarouge peut être utilisé à d'autres fins.

Tableau 2-2 Tableau récapitulatif des réseaux informatiques sans fil

	Bandes de fréquences	Débit maximum	Portée
Wi-Fi(802.11g)	2.4 GHz	54 Mbits/s	150 mètres
HomeRF	2.4 GHz	10 Mbits/s	15 mètres
Bluetooth	2.4 GHz	1 Mbits/s	10 mètres
IrDA	/	16 Mbits/s	2 mètres

2.4 Description du système adopté

Notre approche consiste à fournir un programme permettant au personnel du musée de "créer" virtuellement son musée. Il encodera des informations qui seront ensuite présentées au public selon différents modes. Ce programme consistera donc en deux parties interagissant entre elles : une partie « administrateur » qui sera réservée au personnel afin d'encoder les données et une autre « publique » destinée aux visiteurs pour leur permettre d'effectuer une visite virtuelle.

En se basant sur les lacunes mentionnées plus haut, nous nous sommes efforcés de diversifier et de compléter au maximum les informations qui seront consultables. Ces changements seront mentionnés dans la première partie de cette section.

En plus d'être mieux informé sur les collections du musée, la mise en place d'une solution informatique permet au visiteur d'être plus impliqué dans sa visite. Il s'agit ici de permettre au visiteur d'être plus actif, de le faire aller vers l'information plutôt que ce soit l'information qui vienne à lui. D'autre part, cette solution permet également de mieux guider les visiteurs et certains d'entre eux préféreront se laisser naviguer entre les salles. Il s'agit donc de prodiguer l'information au visiteur de manière adéquate. Ces aspects seront approfondis dans la deuxième partie de cette section.

¹⁶ Organisme constitué d'un grand nombre de sociétés (Intel, Microsoft, Nokia, ...) dont le but est de développer des normes internationales www.irda.org (site officiel)

2.4.1 Elargissement de l'information

Précisons d'emblée qu'élargir l'information a des conséquences sur les deux parties du programme. Cela signifie d'une part un travail d'encodage de la part du personnel et d'autre part une augmentation de la base de données consultables par le visiteur.

Alors que dans les salles l'information disponible se résume à un seul niveau, nous permettons de représenter les thématiques abordées dans les salles par une arborescence sur plusieurs niveaux. Ces thématiques seront identifiées par un nom et on pourra en savoir d'avantage sur celles-ci via des descriptifs qui ne seront plus limités en taille.

Afin de compléter l'information déjà présente dans les descriptifs de thèmes et d'objets, de nouvelles données seront identifiées et décrites. Parmi celles-ci citons les personnages historiques, les grandes familles de l'histoire, les pays,... Pour donner une illustration concrète prenons la première vitrine de la salle Russe. Celle-ci présente Mannerheim jouant un rôle dans l'histoire de la Russie. Mais qui est réellement Mannerheim? Quelle est son histoire? Existe-t-il d'autres salles parlant de ce personnage?

Outre ces catégories, une catégorie générique reprendra des données diverses. Par données diverses nous entendons tout ce qui n'entrerait pas dans une des catégories pensées à l'avance.

Un des apports essentiel de la solution informatique sera la possibilité de matérialiser des liens étant donné que ceux-ci n'apparaissent pas clairement aux visiteurs. Le personnel pourra donc encoder, à partir de n'importe quel objet ou thème abordé dans le musée, des liens vers d'autres objets, thèmes, ...

Reprenons l'exemple du bol à punch présenté au chapitre 1. Il comprend la représentation de la bataille de Leipzig ainsi que l'effigie de trois empereurs. L'information concernant ce bol comprend donc les liens avec les trois empereurs ainsi qu'un lien vers les informations relatives à la bataille de Leipzig. De même, les empereurs et la bataille doivent eux-mêmes faire référence au bol.

2.4.2 Accès à l'information

L'utilisateur aura la possibilité de réaliser une **visite personnalisée** en plus de la **visite virtuelle classique** afin de pouvoir se diriger vers l'information qui l'intéresse en particulier et de maximiser son temps dans le musée. Il pourra donc très facilement trouver tous les objets liés à son pays d'origine par exemple ou encore consulter tous les sabres du musée.

La possibilité de **préparer une visite** sera intégrée. Il s'agit de mettre en œuvre un système de visite préparée à l'avance sous forme d'une liste de thèmes et d'objets sélectionnés par le visiteur potentiel en vue d'une prochaine visite. La mise en œuvre de cette visite préparée sera détaillée par la suite.

L'intérêt d'un système de visite préparée permet aux futurs visiteurs d'avoir déjà acquis une certaine connaissance de ce qu'ils vont découvrir au musée, d'augmenter leur aptitude à remettre les objets dans leur contexte réel et de mieux cerner, par suite, l'intérêt des objets exposés. Ce système leur permet également d'avoir une meilleure utilisation de leur

temps au musée dans le sens où ils vont directement vers ce qui les intéressent. Accessoirement, il permet à une personne de préparer une visite pour quelqu'un d'autre qui disposerait de moins de connaissances ou de temps.

Afin de mieux guider le visiteur à travers une salle, des **scénarios de visite** devront pouvoir être consultés. Il s'agira d'une visite guidée construite à travers une succession d'étapes soit chronologique soit thématique afin que le public comprenne sans ambiguïté la manière dont la salle a été structurée. Chaque changement d'étape sera explicité brièvement de manière à saisir l'intérêt du parcours. Les étapes seront représentées par un groupement de liens vers des objets, des thèmes et autres données liées ainsi que les raisons d'insérer ceux-ci dans l'étape. Le plan de la salle permettra au visiteur de bien se situer à chaque étape.

2.4.3 Technologies utilisées

Le musée dispose déjà d'une infrastructure disposant d'un réseau câblé permettant de relier les ordinateurs en Intranet. Ce réseau pourrait être étendu de manière à disposer de connexion dans toutes les salles du musée. Le musée dispose également de serveurs, qui seraient utilisés afin d'héberger l'application. Le musée a donc déjà réalisé des choix à ce niveau et que nous intégrerons dans le système proposé.

Précisons les choix qui ont été faits quant aux moyens utilisés pour consulter les informations. D'emblée la solution des appareils portatifs nous a semblée la plus appropriée. C'est en effet un outil très intéressant pour tout ce qui touche à une visite, que ce soit dans le cadre d'un musée ou ailleurs. En effet, il regroupe les principaux avantages d'un ordinateur portable sans être spécialement gênant et aussi cher. Néanmoins, les appareils portatifs ne seront pas l'unique support utilisé. Nous montrerons que le couplage borne fixe - appareil portatif peut être intéressant et qu'il permettra une plus grande souplesse quant à l'adoption d'un système informatique au musée¹⁷. De plus, le PDA ne permet pas l'affichage de données relativement longues comme des descriptifs par exemple. De ce fait, les informations présentées sur un PDA seront utilement étendues par un renvoi à la borne la plus proche pour plus d'informations. Dans un futur pas si éloigné, il serait néanmoins possible de ne plus se contenter que d'un seul appareil de type Tablet PC qui permettrait de rendre disponible au visiteur la totalité des informations consultables via les bornes interactives tout en gardant la mobilité du PDA. Cette technologie reste cependant nouvelle et nous privilégions à plus court terme l'utilisation du couple bornes interactives/PDA.

Parmi les appareils portatifs, les PDA nous semblent être à l'heure actuelle les appareils les plus aptes à répondre à nos besoins. Néanmoins, les frontières tendent à disparaître. En effet, nous avons remarqué que les plus récents PDA comme l'iPaq de Compaq propose déjà un module d'extension GPRS. Il est donc raisonnable de penser qu'à l'avenir il n'existera plus qu'un seul marché avec des dispositifs intégrant toutes les fonctionnalités. Ceci tendrait à dire que dans le futur, le musée n'aurait même pas besoin d'acheter d'appareils portatifs puisque tout le monde ou presque en aura un (rappelons que trois quart de la population belge possède un GSM).

Comme compléments aux PDA, un réseau sans fils de type Wi-Fi nous semble être la solution la plus appropriée en ce moment. Cependant, les réseaux sans fil ne sont qu'à leurs

¹⁷ Le chapitre 7 montrera les différents moyens de mettre en œuvre notre système tout en gardant un œil sur le budget et donc en optant pour des solutions « par pallier ».

débuts. Cette solution pourrait donc être amenée à changer dans le futur. Néanmoins, cette solution est amplement suffisante pour les besoins actuels de l'application.

Nous pouvons dès à présent apporter quelques précisions quant à la manière de gérer une visite préparée. Elle sera basée sur un profilage des utilisateurs et sur la mise en place d'une visite par ordinateur de poche, les informations étant consultables via un réseau sans fil. Lors de sa visite au musée, le visiteur s'enregistrera sur le système et retrouvera son profil personnel composé de ses favoris. La manière de créer sa liste de favoris sera précisée par la suite. Ce système permettra de contourner en partie la limitation des informations présentées sur l'écran d'un ordinateur de poche en allant à l'essentiel. Toutefois, les bornes interactives seront présentes dans le musée au cas où le visiteur voudrait un complément d'informations.

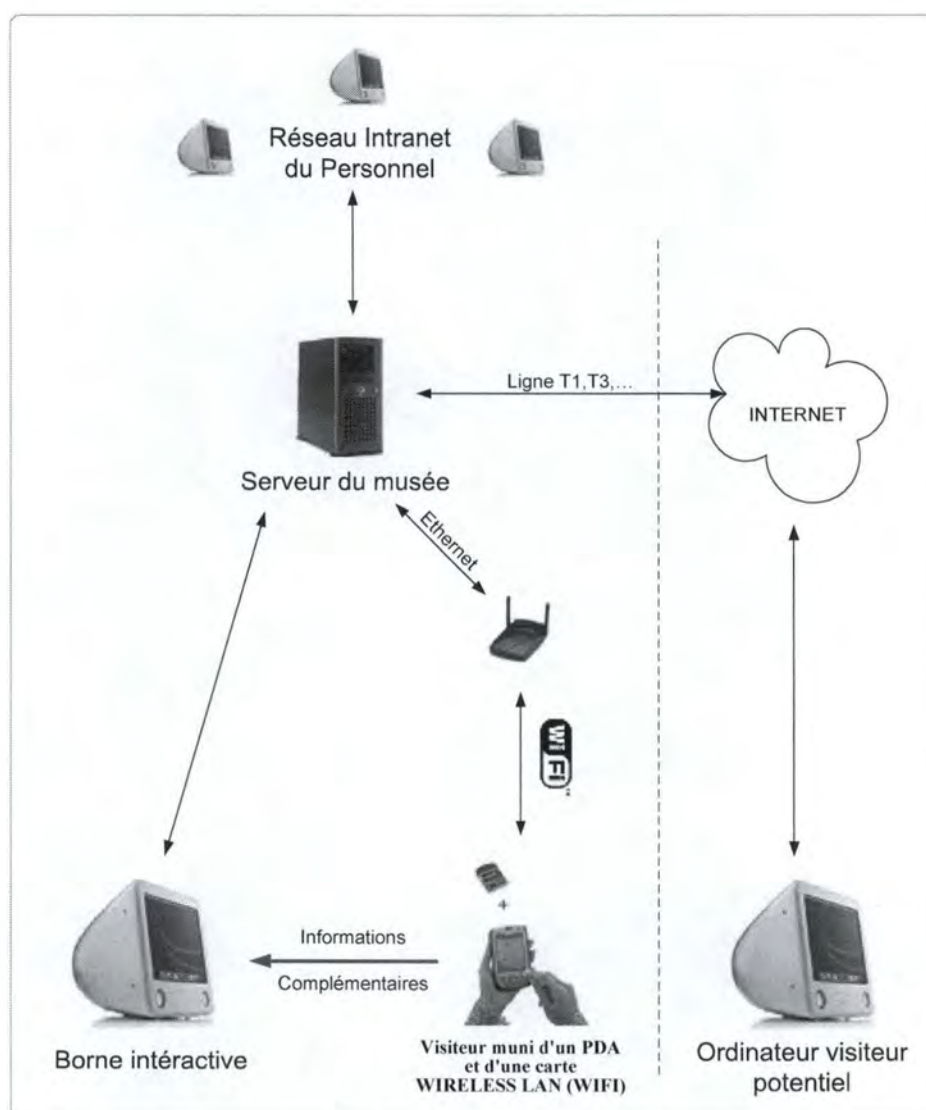


Figure 2-5 Système proposé

PARTIE II

Application développée

Chapitre 3: Analyse des exigences

Ce chapitre a pour but d'expliquer les concepts clés sur lesquels nous nous baserons par la suite ainsi que la méthodologie adoptée. Nous nous sommes inspirés du « laboratoire de méthodologie de développement de logiciels » donné dans le cadre de la 2^{ème} maîtrise en informatique aux FUNDP et dont la méthodologie est explicitée dans [Noben] et dans [MDL]. Néanmoins quelques phases, jugées moins utiles dans notre cas, n'ont pas été réalisées. Plus précisément, nous allons réaliser au sein de ce chapitre une synthèse des exigences tant fonctionnelles que non fonctionnelles de l'application. Ces exigences constitueront le cahier des charges qui constituera la base du développement. Dans le chapitre suivant, nous verrons comment construire une première ébauche de solution indépendante de toute contrainte physique. Nous construirons les interfaces logiques et nous aborderons le problème du stockage des données. Dans le chapitre 5, nous choisirons les technologies les mieux adaptées et leurs incidences sur la solution logique. Nous enchaînerons par la présentation de l'application et des extensions possibles dans les chapitres 6 et 7. Cette partie est clôturée, au chapitre 8, par une brève analyse des coûts.

3.1 Statique du problème

Afin de se faire une première idée de l'univers du discours, nous avons décidé d'utiliser un **diagramme de classe**, présenté à la figure 3.2, et construit à l'aide du langage de modélisation UML¹⁸. Celui-ci a pour but de montrer les différents concepts et objets du domaine ainsi que leurs éventuelles interactions.

Sans entrer dans les détails, précisons que chaque objet du domaine est représenté par une classe. Chaque classe possède des attributs qui lui sont propres ainsi que des méthodes qui définissent les opérations possibles sur ces objets. Des objets peuvent être regroupés dans une classe de plus haut niveau reprenant les caractéristiques communes de ces objets. Cette opération de généralisation nous permet d'exprimer de manière plus pertinente certains concepts. Les relations entre classes expriment une connexion sémantique bidirectionnelle entre ces classes. Pour faciliter la lecture du schéma, la sémantique de ces relations est matérialisée par un nom et son sens de lecture (représenté par <, > ou ^). Remarquons qu'au final, une classe est représentée conjointement par ses attributs, ses méthodes et ses relations.

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, le musée est composé de différentes entités que l'on peut mettre en évidence. Premièrement, le musée est séparé en diverses salles exposants des objets pour la plupart présentés à l'intérieur de vitrines. Nous pouvons donc immédiatement dégager les classes suivantes :

- Salle
- Vitrine
- Objet

¹⁸ Unified Modeling Language, de plus amples informations peuvent être trouvées sur l'UML Resource Center à savoir www.rational.com/uml

Quelles sont les caractéristiques de ces classes ? Les salles et les objets sont décrits par des textes respectivement de niveau 1 et de niveau 3. Une salle possède 0,1 ou plusieurs vitrines et 0,1 ou plusieurs objets. De même, les vitrines contiennent 0, 1 ou plusieurs objets. Les objets se trouvent soit dans une vitrine présente dans une salle, soit dans une salle mais en dehors d'une vitrine, soit en réserve. De plus, même si cela n'est pas indiqué au visiteur, les objets sont classés dans l'inventaire en fonction de catégorie et type. Par exemple, un sabre fera partie de la sous-catégorie « autres » de la catégorie « armes blanches » et sera de type « sabre ». Si l'on rajoute aux objets un attribut indiquant leur date de création ainsi que le numéro qui leur est attribué au sein d'une vitrine, nous arrivons au premier schéma suivant :

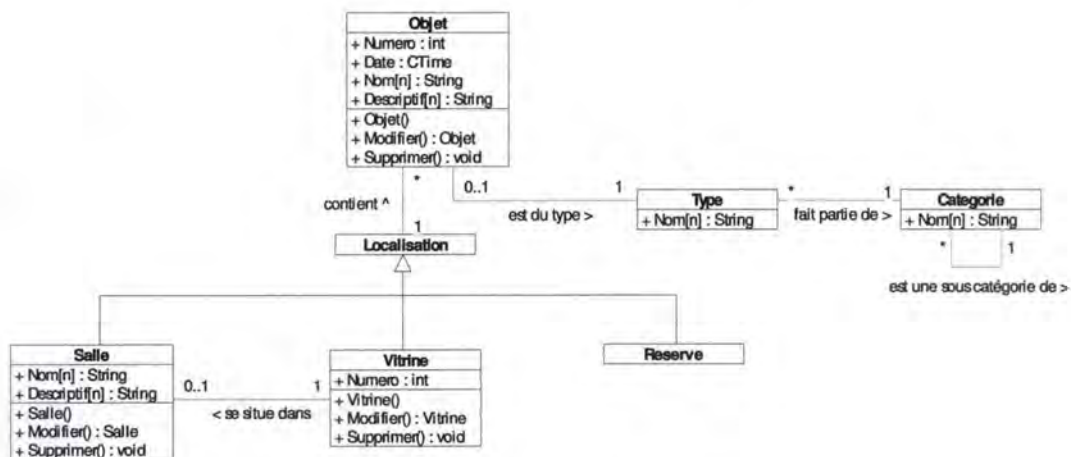


Figure 3-1 Diagramme de classe partiel

La disposition de ces entités (salle, vitrine et objet) se fait au musée en fonction d'une découpe thématique ou historique. En effet, chaque salle possède un thème propre et celle-ci est découpée en sous-parties à l'aide de texte de niveau 2 comme nous l'avons présenté lors du chapitre 1. Nous pouvons donc créer une nouvelle classe nommée « thème ». Chaque salle possède un thème général découpé en plusieurs sous thèmes, eux-mêmes séparés en sous thèmes, etc. Au final, chaque objet est relié à un et un seul thème. Cependant, nous avons signalé qu'il serait intéressant de pouvoir définir des parcours thématiques. Ces derniers pouvant être vus comme un thème, un attribut « type » sera ajouté à la classe « thème » afin de les différencier des thèmes servant de découpe pour la salle. Ceci aura également comme incidence de changer la cardinalité de la relation entre thème et objet, un objet pouvant être repris dans plusieurs parcours thématiques.

Attardons nous maintenant sur les apports du système par rapport à l'existant du musée, dont les classes ont été définies ci-dessus. Nous avons établi que le système doit pouvoir compléter l'existant avec des informations contextuelles tels des personnages, des pays, des familles, des groupements,... Ceci justifie la présence de la classe « donnée annexe ». Enfin, des documents doivent pouvoir être mis en relation avec les données du système. Plus particulièrement, des documents peuvent être fournis en complément des données annexes, des objets ou des thèmes. Cela implique la création d'un sur-type « entité » regroupant ces 3 classes et relié à la nouvelle classe « document ». La création du sur-type « entité » est également justifiée par le fait que des liens doivent pouvoir être créés entre ces

différentes classes. Par exemple, l'objet « la tunique d'Alexandre II » doit pouvoir être mis en relation avec la donnée annexe « Alexandre II » ainsi qu'avec n'importe quel autre thème excepté le thème parent de l'objet. La figure 3-2 nous montre le diagramme de classe final.

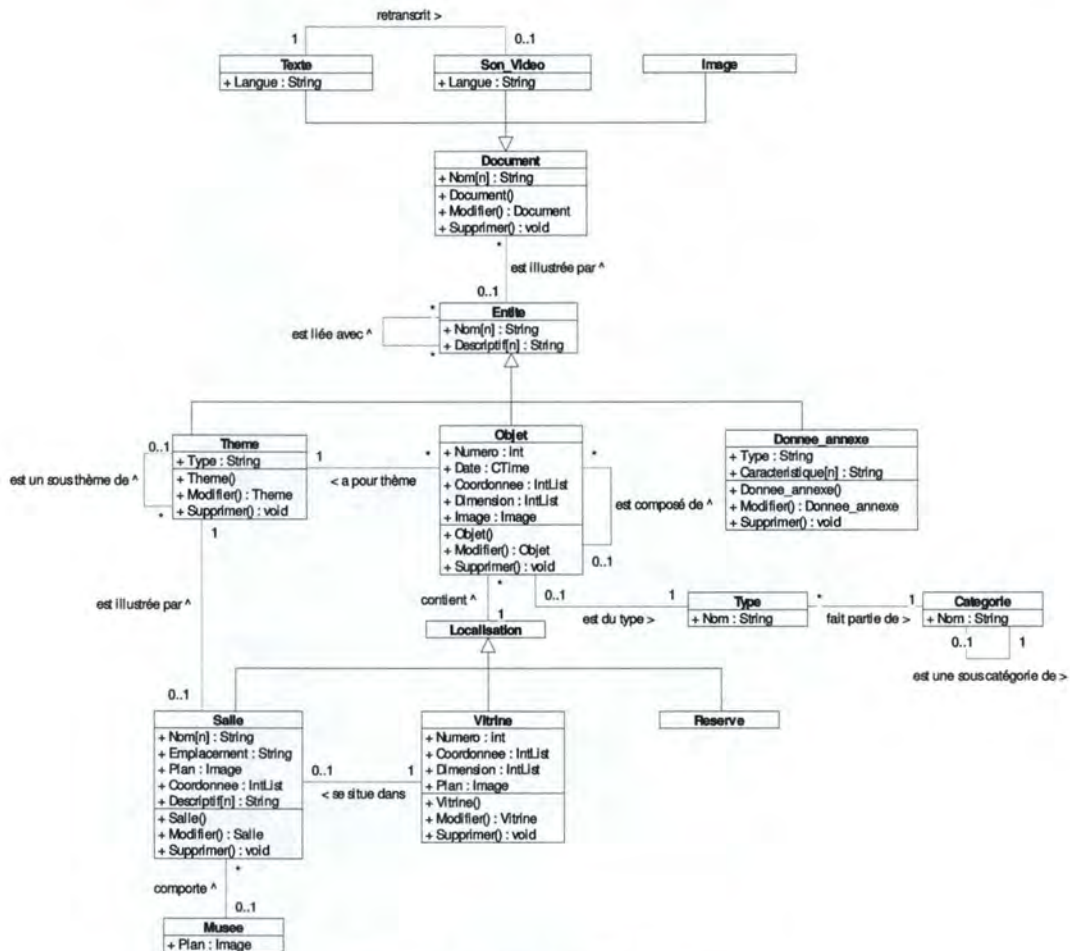


Figure 3-2 Diagramme de classe

Avant de terminer cette section, quelques précisions sont nécessaires. Afin de pouvoir fournir au visiteur une représentation fidèle du musée, nous conservons pour chaque vitrine sa numérotation et son emplacement dans la salle qui lui correspond ainsi que ses dimensions. Il en est de même pour les objets s'ils ne sont pas exposés dans une vitrine. Le cas échéant, leur position au sein d'une vitrine doit pouvoir être spécifiée. Les salles doivent également pouvoir être situées. C'est pourquoi la classe « salle » possède un attribut « coordonnées » indiquant comme son nom l'indique les coordonnées de la salle sur le plan du musée.

Trois niveaux de plan sont repris :

- plan du musée
- plan de la salle
- plan de la vitrine

Les attributs « nom » correspondent à l'ensemble des noms dans les différentes langues prises en charge par le musée. Il en est de même pour chaque attribut « descriptif ». Les classes objet, thème et donnée annexe héritent de l'attribut nom provenant de la classe entité.

Chaque donnée annexe est caractérisée par son type et d'autres caractéristiques liées à celui-ci (une donnée annexe peut être de type personnage et être caractérisée par une date de naissance, de mort et une famille par exemple).

Un document peut être de type texte, image, son ou vidéo. Dans tout les cas, il hérite des noms de la classe « document ». La langue parlée dans le cas d'une vidéo ou d'un son et la langue écrite dans le cas d'un texte est associée à chaque document. Chaque vidéo ou son peut avoir une ou plusieurs retranscriptions dans des langues différentes de la langue parlée dans le document.

Un objet peut être lui-même composé de plusieurs objets (prenons le cas d'une tunique qui serait composée d'épaulettes et de médailles). Il est également représenté par une photo.

A partir de maintenant, lorsque nous utiliserons les termes « document », « entité » et « donnée annexe » nous ferons référence à ce schéma.

3.2 Classes d'utilisateur

La logique même de l'application nous permet de distinguer d'emblée deux groupes d'utilisateurs : les utilisateurs qui s'attelleront à l'encodage des données muséales et les utilisateurs qui consulteront ses données. Par ailleurs, la diversité observée dans le deuxième groupe nous pousse à y distinguer un certain nombre de classes d'utilisateur.

L'encodage sera réalisé par le personnel du musée, qui constitue la seule classe d'utilisateur de ce groupe. Ils n'ont pas de connaissances particulières en informatique mais disposent d'une connaissance approfondie des collections du musée et de leur agencement.

Les utilisateurs consultant les données représentent par contre un groupe très hétérogène. Notons tout d'abord que le personnel du musée peut se comporter en tant que visiteur en consultant la banque de données en vue de trouver une information particulière telle une précision sur un objet ou un événement historique. Nous pouvons supposer que les recherches seront la plupart du temps très ciblées, les conservateurs et scientifiques du musée sachant directement où trouver l'information dont ils ont besoin. Ils désireront en outre disposer de l'information le plus rapidement possible.

Les visiteurs quant à eux peuvent être distingués en fonction de leur fréquentation, de leur connaissance, de l'objet de leur visite et des attentes qu'ils auraient pas rapport à un système d'information. Nous distinguons directement deux classes assez caricaturales de visiteurs : les visiteurs d'un jour et les férus d'histoire. Alors que les visiteurs d'un jour ne viennent que pour la première fois au musée et qu'ils n'ont aucune connaissance de base en arrivant au musée, les férus d'histoire connaissent le musée comme leur poche et disposent déjà d'un certain acquis historique. Alors que les uns désireront se divertir avant tout et disposer d'informations assez générales, les autres voudront trouver des informations plus

ciblées pour compléter leur savoir. Nous pouvons raisonnablement prendre comme hypothèse que la plupart des visiteurs n'ont également que peu de connaissance en informatique.

Les visiteurs d'un jour constituent une classe très générale qui peut être détaillée d'avantage. En effet, nous pouvons considérer que les groupes scolaires font partie de cette classe. Or, ils constituent une classe d'utilisateur bien particulière car ils devront être beaucoup plus suivis, devront être informés de manière pédagogique, ne sont pas venus par une démarche volontaire, s'impatientent vite et recherchent à s'amuser avant tout. Il s'agira ici de capter leur attention afin qu'ils retiennent quelque chose de leur visite.

Citons également dans cette classe les visiteurs étrangers, qui n'ont pour certains pas de connaissance des langues nationales, ont généralement moins de temps qu'un visiteur local étant donné que Bruxelles regorge de beaucoup d'autres sites touristiques et trouveront certainement intéressant de pouvoir préparer leur visite afin de maximiser leur passage au musée. Au niveau de leur attente, cette dernière classe cherchera sans doute à trouver des connexions entre les collections du musée et leurs nations respectives. Nous rangeons également dans cette classe les personnalités importantes telles que des ambassadeurs qui pourraient déléguer la préparation de leur visite afin d'également maximiser le temps passé au musée.

Tableau 3-1 Tableau récapitulatif des caractéristiques des classes d'utilisateur

	Fréquentation	Connaissance	Objet de la visite	Attentes premières
Conservateurs/scientifiques	très élevée	très approfondie	recherche ciblée	complétude, rapidité
Visiteurs férus d'histoire	élevée	approfondie	recherche ciblée et préparée	complétude, facilité d'emploi
Visiteurs d'un jour	faible	lacunaire	visite classique et préparée	facilité d'emploi, niveau de divertissement, liens nationaux

Pour terminer, en sachant que l'application pourrait être disponible sur le Web, une classe d'utilisateur particulière n'a pas encore été citée, les internautes. Il est impossible de caractériser avec précision cette classe vu la diversité d'utilisateurs étant potentiellement connectés. Néanmoins, nous pouvons supposer que l'utilisateur sera assez exigeant au niveau du contenu et de la présentation. Il désirera trouver une source d'informations conséquentes et accéder facilement à ce qu'il cherche. La présentation devra être assez claire pour qu'il reste accroché à ce contenu. Dans certains cas, l'internaute visitera le site du musée afin de planifier sa visite au musée, il désirera trouver toutes les informations dont il a besoin et que le site lui donne envie de s'y rendre.

3.3 Cas d'utilisation

Les cas d'utilisation servent à profiler les différentes classes d'utilisateurs faisant partie de l'environnement que l'on essaye de modéliser et qui interagiront avec le système qui sera proposé.

Afin de synthétiser toutes les actions possibles des classes d'utilisateur définies ci-dessus et pour avoir une base à notre développement, nous avons utilisé le formalisme des **use case** ou **cas d'utilisation** qui provient également du langage de modélisation UML. Ce schéma comporte des acteurs (représentés par des personnages) et des modules ou actions possibles (représentés par des bulles). Chaque module peut en utiliser un autre (relation « uses » représentée en bleu) ou bien en étendre un autre (relation « extends » représentée en rouge). Il ne constitue en aucun cas une base fixe des modules qui seront implémentés. Son utilité est double : effectuer une première découpe orientée utilisateurs et vérifier que l'implémentation vérifie bien les objectifs initiaux.

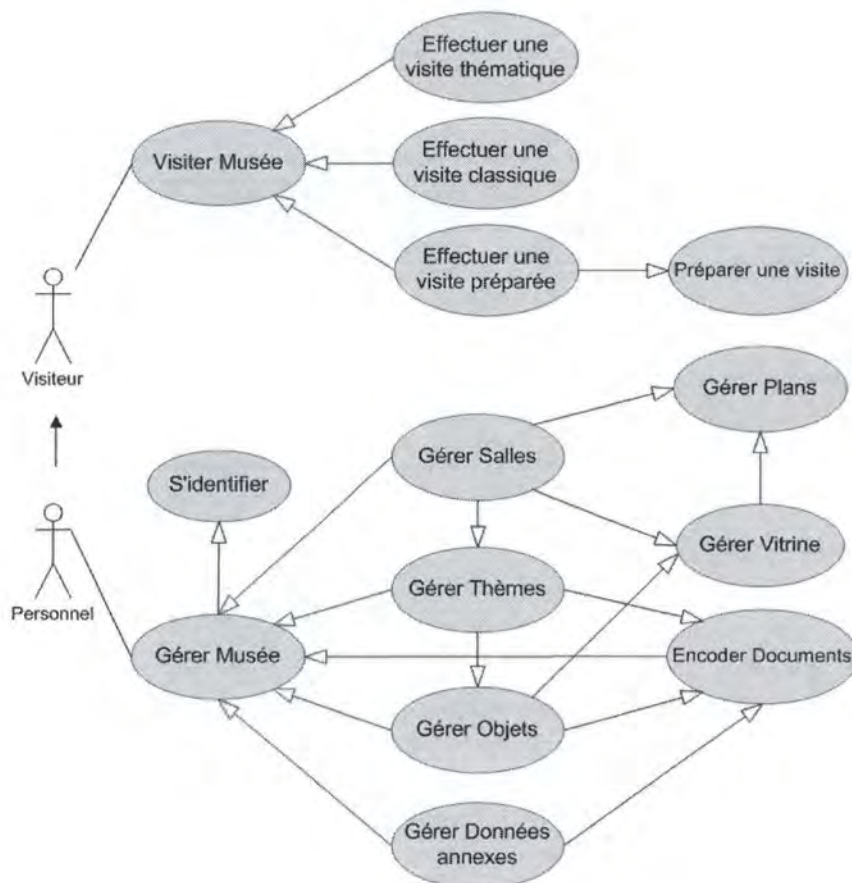


Figure 3-3 Schéma des use case

Ce schéma est détaillé plus en profondeur dans les annexes. La méthode voudrait que l'on associe à ce schéma des scénarios d'utilisation. Etant donné que nous avons privilégié une approche très générale pour définir ces cas d'utilisation, les scénarios n'apporteraient pas d'informations pertinentes étant donné qu'ils seraient construits à un haut niveau d'abstraction. Nous avons donc préféré ne pas les mentionner.

3.4 Exigences non fonctionnelles

L'utilisation de l'application devra être la plus intuitive possible étant donné que les classes d'utilisateurs qui interagiront avec l'application ne disposeront pas, dans la plupart des cas, de compétences informatiques. Nous chercherons donc à rendre l'application la plus compréhensible possible et à réduire l'effort fourni pour la réalisation des objectifs et à son apprentissage. Une certaine souplesse sera également laissée à l'utilisateur lors de l'encodage des données.

Comme tout service public, l'application devra être accessible en plusieurs langues, sans limites d'extension à de nouvelles langues.

Les logiciels utilisés lors de la conception et lors de l'utilisation se devront d'être gratuits. Dans le cadre d'un mémoire, cette exigence semble des plus appropriées.

Au niveau de la sécurité, nous préciserons qu'il ne faut en aucun cas que les données encodées soient perdues lors de la survenance d'un problème quelconque. L'application étant potentiellement accessible à un grand nombre, il faudra pouvoir mettre en place les outils de sécurité adéquats afin de limiter au maximum les dégâts causés par une intrusion frauduleuse dans le système.

L'application devra garantir un certain niveau de performance sans que cela soit un problème critique. Ce niveau devra être suffisamment élevé pour ne pas entamer la patience de l'utilisateur. Une certaine capacité de stockage devra être mise à disposition ainsi que la certitude que des possibilités d'extension soient envisageables en cas de saturation de l'espace disponible. La disponibilité du système devra en outre être la plus élevée possible.

L'application devra être autant que possible générique afin de ne pas écarter d'emblée les possibilités d'extension à d'autres environnements.

L'application devra être multi-plateforme étant donné la variété logicielle et matérielle présente au musée.

Chapitre 4: Conception logique

Au sein de ce chapitre, nous allons entamer la construction de la solution de manière à satisfaire aux exigences formulées dans le chapitre précédent. Nous allons commencer par préciser la manière dont les liens seront matérialisés dans le système, démarche nécessaire en vue de la construction de l'interface graphique abstraite expliquée dans la section suivante. Nous poursuivrons en abordant la question du stockage des données pour terminer sur une découpe en composants logiques.

4.1 Matérialisation des liens

Comme vu précédemment, un des apports essentiels du programme sera de pallier au problème des liens inter entités. En effet, les supports employés ou le simple placement des objets ne suffisent pas à faire comprendre les liens aux visiteurs. Rappelons-nous le diagramme de classe du chapitre précédent. Dans celui-ci, les classes « thème », « objet » et « donnée annexe » étaient groupées en une super classe afin de bien montrer que toutes ces classes peuvent être liées entre elles. Etant donné l'importance de cette partie, il convient d'expliquer nos choix en détail et ce pour chaque type de lien.

4.1.1 Explication de notre choix

Afin de nous faire une idée des caractéristiques propres à la description d'entité et afin de mieux cerner la tâche à accomplir, commençons par observer un extrait de descriptif tiré ici de l'objet « Bol à punch » de la salle sur les Trésors de la Russie Impériale :

Descriptif du bol à punch :

« Ce bol est orné de peintures sur porcelaine représentant les derniers tsars de la dynastie des Romanov (Alexandre II et Alexandre III sur l'arrière du couvercle, Nicolas Ier et Nicolas II sur l'avant) dans des uniformes scrupuleusement peints, ainsi que des scènes de la Bataille des Nations à Leipzig en 1813, notamment la charge glorieuse des cosaques et les trois souverains : le roi de Prusse en uniforme bleu, l'empereur d'Autriche en blanc, l'empereur de Russie en vert. L'intérieur du bol est garni d'une cuve amovible en vermeil. Il provient du mess des officiers des Cosaques de la Garde à Saint-Petersbourg et fut réalisé sur commande par Ovtchinnikov pour fêter le centenaire de cette bataille. L'arrière de la coupe reprend les noms de tous les chefs de corps et la date de leur prise de commandement.

On notera, sur la face avant, la croix de l'ordre de Malte dont le tsar Paul Ier était Grand maître et qui figure sur l'étendard remis au régiment par cet empereur. Cette croix de Malte est l'insigne régimentaire institué le 14 septembre 1911... »

Que pouvons nous remarquer dans ce texte ? Tout d'abord, il fait référence à diverses données annexes ainsi qu'à divers objets et thèmes qui disposent également chacun de leur descriptif. Ces descriptifs constituent potentiellement une source d'information intéressante à la compréhension en profondeur du descriptif ci-dessus. Cela justifie que le visiteur puisse effectuer la passerelle entre ces descriptifs.

Analysons plus en détail comment le rédacteur matérialise ces références. En ce qui concerne les objets et thèmes, ils sont caractérisés par une longueur variable généralement conséquente (Citons par exemple les thèmes : « *tsars de la dynastie des Romanov* » ou « *la Bataille des Nations à Leipzig* ») et on remarque qu'ils font partie intégrante de la structure du texte mais ne constituent pas des morceaux de texte facilement identifiables (« *l'étendard remis au régiment par cet empereur* » correspond au thème « *drapeaux des cosaques* »), tandis que les données annexes sont en général des noms propres ou des suites de mots peu longues (comme « *Alexandre II* », « *Romanov* », « *Malte* »...).

Comment permettre au personnel du musée d'encoder ces liens ? Une première solution serait d'utiliser une analyse syntaxique du texte et de générer automatiquement des liens en fonction de cette analyse. Le personnel du musée rédigerait donc les descriptifs de façon à ce que les objets, thèmes et données annexes avec lesquels il veut générer un lien se retrouvent textuellement dans le descriptif. Cette solution, tout à fait applicable, présente l'avantage de ne pas devoir fournir de travail d'encodage supplémentaire. Cependant, ces désavantages dans le cas des thèmes et des objets sont trop conséquents pour utiliser uniquement cette technique. Ainsi, pour faire un lien vers un thème, l'encodeur doit connaître l'intitulé exact du thème et le recopier sans faute afin que notre analyse puisse le retrouver. Elle implique également que le rédacteur adapte sa manière d'écrire, son style en fonction des liens qu'il est nécessaire de matérialiser et nécessite un travail de réécriture conséquent en cas de reprise d'un texte déjà écrit (par copier-coller).

Toutefois, comme il est peu probable que le rédacteur fasse des fautes de frappe pour de petites chaînes de caractères ou pour des noms propres, cette solution a été partiellement gardée. Ainsi, cette analyse syntaxique est utilisée pour générer les liens entre une donnée annexe et un objet, un thème ou une autre donnée annexe cités respectivement dans leur descriptif.

Une technique complémentaire doit donc être trouvée. Dans un premier temps, nous avons pensé à ajouter une liste de thèmes et d'objets dans lesquels l'encodeur choisira. Ces liens apparaîtraient par exemple en dessous du descriptif lors de l'affichage des informations.

Descriptif du bol à punch avec liens :

«Ce bol est orné de peintures sur porcelaine représentant les derniers tsars de la dynastie des Romanov (Alexandre II et Alexandre III sur l'arrière du couvercle, Nicolas Ier et Nicolas II sur l'avant) dans des uniformes scrupuleusement peints, ainsi que des scènes de la Bataille des Nations à Leipzig en 1813, notamment la charge glorieuse des cosaques et les trois souverains : le roi de Prusse en uniforme bleu, l'empereur d'Autriche en blanc, l'empereur de Russie en vert. L'intérieur du bol est garni d'une cuve amovible en vermeil. Il provient du mess des officiers des Cosaques de la Garde à Saint-Petersbourg et fut réalisé sur commande par Ovtchinnikov pour fêter le centenaire de cette bataille. L'arrière de la coupe reprend les

noms de tous les chefs de corps et la date de leur prise de commandement.

On notera, sur la face avant, la croix de l'ordre de Malte dont le tsar Paul Ier était Grand maître et qui figure sur l'étendard remis au régiment par cet empereur. Cette croix de Malte est l'insigne régimentaire institué le 14 septembre 1911...

Liste des liens dans le descriptif :

- [Portrait des Romanov](#)
- [Bataille de Leipzig](#)
- [Drapeaux des cosaques de la garde](#)
- [Représentation de l'histoire politique et militaire de la Russie Impériale](#) »

Il reste néanmoins encore une question en suspens : comment le visiteur interprétera ces liens ? En effet, une liste de thèmes et d'objets liés n'est pas très parlante sémantiquement. Il faut pouvoir expliquer en quoi tel objet ou tel thème est lié à l'entité ce qui était possible avec l'analyse syntaxique. C'est pourquoi nous avons choisi la solution intermédiaire suivante : lors de l'encodage d'un descriptif, l'encodeur saisira son texte et expliquera en son sein les liens avec les autres thèmes/objets le cas échéant. A la suite de chaque explication de liens, il choisira, dans une liste, l'objet ou le thème dont il est en train de parler. A ce moment-là, une balise s'affichera dans son texte. Ces balises seront analysées lors de l'affichage du texte et afficheront des références telles : « voir l'objet X ».

Descriptif du bol à punch avec liens intégrés :

« Ce bol est orné de peintures sur porcelaine représentant les derniers tsars de la dynastie des Romanov (voir : [Portrait des Romanov](#)) (Alexandre II et Alexandre III sur l'arrière du couvercle, Nicolas Ier et Nicolas II sur l'avant) dans des uniformes scrupuleusement peints, ainsi que des scènes de la Bataille des Nations à Leipzig en 1813 (voir : [La bataille de Leipzig](#)), notamment la charge glorieuse des cosaques et les trois souverains : le roi de Prusse en uniforme bleu, l'empereur d'Autriche en blanc, l'empereur de Russie en vert. L'intérieur du bol est garni d'une cuve amovible en vermeil. Il provient du mess des officiers des Cosaques de la Garde à Saint-Petersbourg et fut réalisé sur commande par Ovtchinnikov pour fêter le centenaire de cette bataille. L'arrière de la coupe reprend les noms de tous les chefs de corps et la date de leur prise de commandement.

On notera, sur la face avant, la croix de l'ordre de Malte dont le tsar Paul Ier était Grand maître et qui figure sur l'étendard (voir : [Drapeaux des cosaques](#)) remis au régiment par cet empereur. Cette croix de Malte est l'insigne régimentaire institué le 14 septembre 1911 »

Il est à noter que cette solution entraîne quand même un inconvénient : un lien inverse ne sera pas créé lors de l'ajout d'un lien dans un descriptif. Ainsi si un objet fait référence à un thème, ce thème ne se référera pas systématiquement à cet objet étant donné que nous partons du principe qu'un lien doit être ciblé dans son descriptif. L'encodeur doit donc réécrire un texte explicatif dans le descriptif de l'objet ou du thème objet du lien. Cela n'aurait pas été le

cas avec la solution qui consistait à rajouter une liste de liens en dessous du descriptif de l'entité.

Des liens automatiques et manuels coexistent donc. Ainsi, des liens sont introduits manuellement lors de la saisie du descriptif à l'endroit voulu dans celui-ci à l'aide de l'insertion de balises.

Les deuxièmes types de liens seront générés automatiquement à l'aide d'une analyse syntaxique du descriptif de l'entité. Ainsi, si le descriptif du thème « le général Mannerheim » parle d'un certain « Alexandre I » et que ce dernier se trouve dans la base de donnée alors un lien sera généré.

Enfin, des liens découleront des liens faits en sens inverse. Pour reprendre l'exemple précédent, la donnée annexe « Alexandre I » fera référence au thème « le général Mannerheim » automatiquement.

Le tableau 4.1 synthétise ce qui vient d'être présenté.

Tableau 4-1 Tableau récapitulatif de la manière de représenter les liens

	Objet	Thème	Donnée Annexe
Objet	Manuel	Manuel	Automatique via analyse syntaxique
Thème	Manuel	Manuel	Automatique via analyse syntaxique
Donnée Annexe	Automatique via lien inverse	Automatique via lien inverse	Automatique via analyse syntaxique

4.1.2 En pratique

Lors de chaque création ou modification d'un descriptif d'une entité quelconque (objet/thème/da), une analyse syntaxique est effectuée par le programme afin de détecter les données annexes présentes. S'il y en a, des liens sont générés entre l'entité et les données annexes présentes dans le descriptif.

Lors de la création d'une donnée annexe, une analyse syntaxique de tous les descriptifs est effectuée afin de voir si ceux-ci ne comportent pas ce mot clé (opération qui risque de prendre un certain temps). Les entités dont les descriptifs mentionnent cette donnée annexe sont liées de la même manière que précédemment.

Lors de la suppression d'une donnée annexe, tous ses liens vers les autres entités sont supprimés.

Lors de l'affichage d'un descriptif, une analyse syntaxique met en gras les personnages, famille et données annexes diverses présentes. D'autre part, un tableau est

généralisé et reprend toutes les données annexes (sauf les pays) qui ont comme mot clé l'objet/thème/donnée annexe.

4.2 Conception de l'interface homme-machine

Nous construisons dans cette étape une interface graphique abstraite, indépendante de toute contrainte technique, dérivant des « cas d'utilisation ». Notre démarche pour la création de l'interface graphique s'est basée sur une première découpe en tâches matérialisée par un « arbre des tâches »¹⁹. Ces arbres orientés utilisateur servent à identifier et à définir la statique des tâches élémentaires que devra réaliser un utilisateur. Nous décrivons ensuite le comportement dynamique de ces tâches à l'aide de « graphes d'enchaînements ». Ils montrent le cheminement à suivre pour qu'un utilisateur effectue un but ainsi que les données et résultats des actions élémentaires de cet utilisateur.

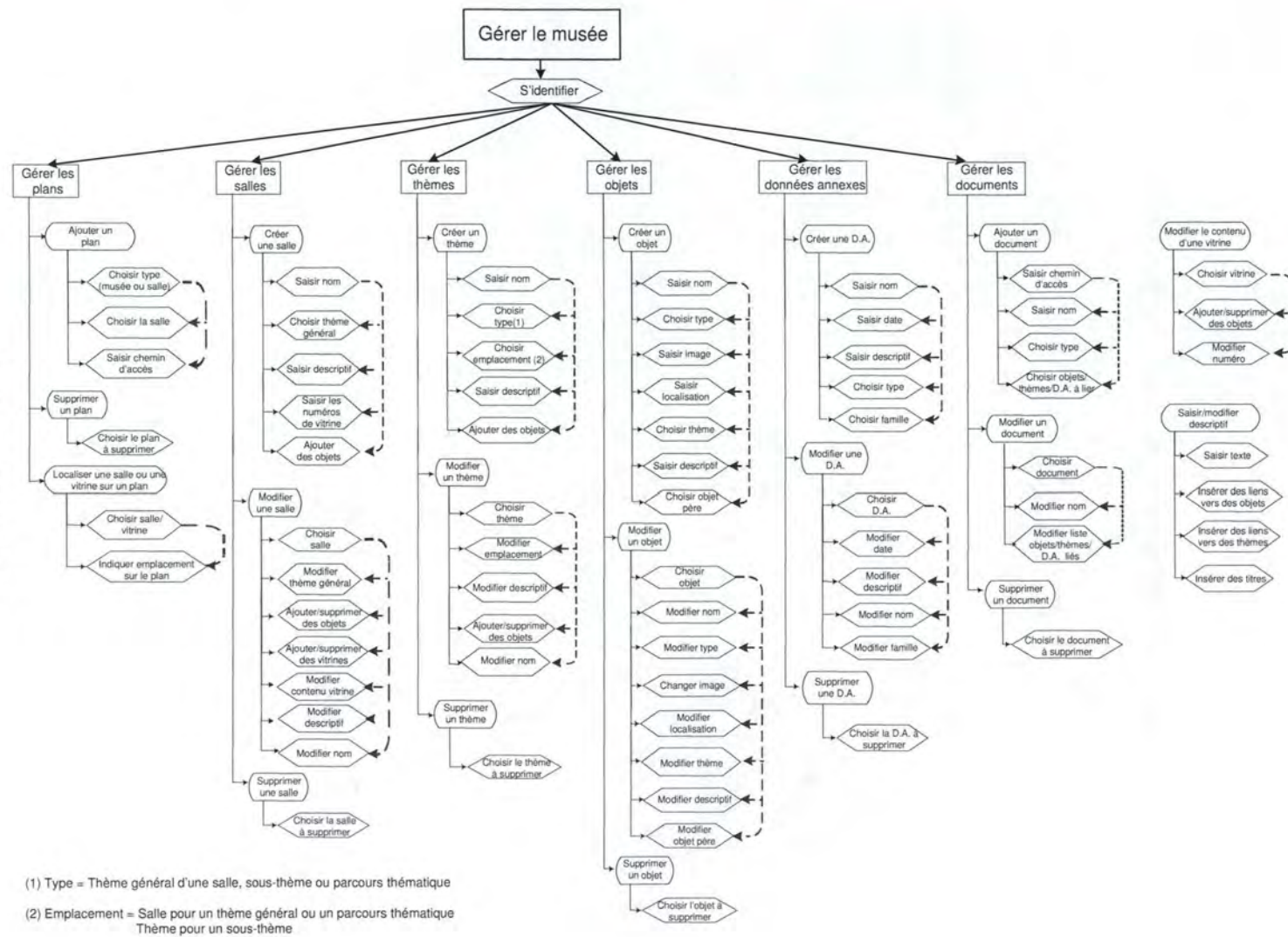
Nous nous sommes concentrés uniquement sur l'interface d'encodage, l'interface de présentation des informations ne nécessitant pas d'étude préalable. L'utilisateur n'effectue pas d'autres tâches que de consulter les informations présentées.

4.2.1 Arbre des tâches

Le lecteur peut constater sur la figure 4-4 qu'il retrouve les modules des cas d'utilisation. Ceux-ci sont affinés par des buts, représentés par des rectangles arrondis, et par des tâches, représentées par des hexagones.

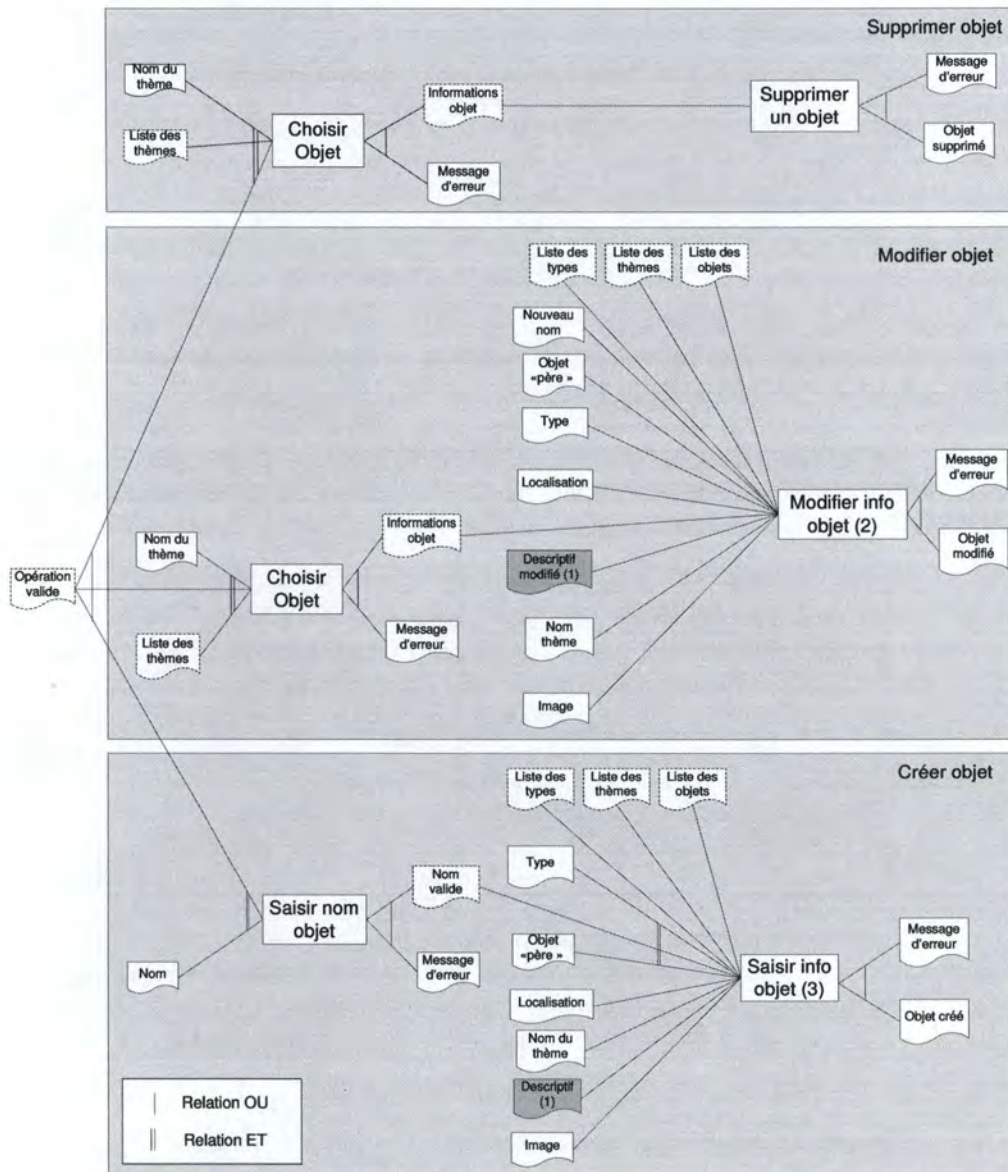
¹⁹ Cette analyse se base très sommairement sur la méthode TRIDENT dont de plus amples informations pourront être trouvées dans [TRIDENT].

Figure 4-1 Arbre des tâches



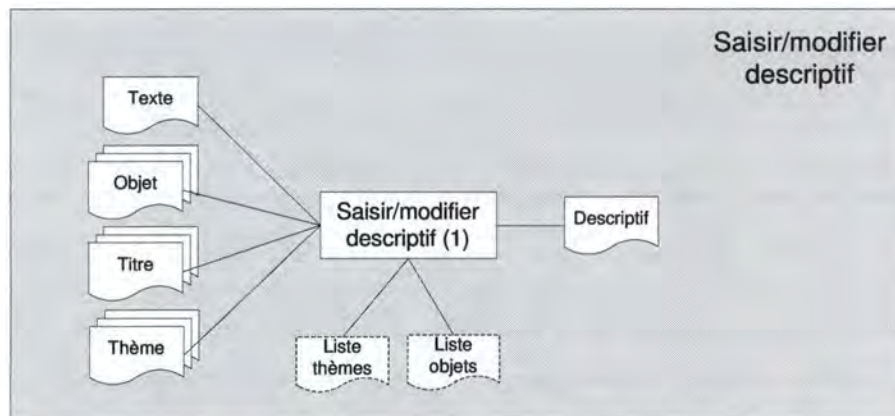
4.2.2 Graphes d'enchaînement

Il existe un graphe d'enchaînement par but dans l'arbre des tâches. Pour ne pas surcharger inutilement ce mémoire, nous n'allons pas tous les présenter. Nous avons repris, à la figure 4-2, le graphe d'enchaînement correspondant à la gestion des objets à titre d'exemple. Les autres peuvent être consultés en annexe.



- (1) Résultat du but « Saisir/modifier descriptif » repris plus bas.
(2) Reprend les tâches « Modifier objet père », « Modifier descriptif », « Modifier type », « Changer image », « Modifier nom », « Modifier thème » et « Modifier localisation » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.
(3) Reprend les tâches « Choisir type », « Saisir localisation », « Saisir descriptif », « Choisir thème » et « Saisir image » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

Figure 4-2 Graphe d'enchaînement (objet)



(1) Reprend les tâches «Saisir texte », « Insérer des liens vers des objets », « Insérer des liens vers des thèmes » et « Insérer des titres » de l'arbre des tâches

Figure 4-3 Graphe d'enchaînement (descriptif)

4.3 Logique de la persistance

A partir du diagramme de classes établi dans le chapitre précédent, nous pouvons définir les besoins en terme de persistance de l'application. Ils sont matérialisés par un schéma conceptuel des données persistantes, construit indépendamment de tout choix technologique. Il est présenté à la figure 4-3.

Le rôle du diagramme de classes n'était pas de présenter les informations à enregistrer mais plutôt de résumer schématiquement les concepts présents. Dès lors, des transformations interviennent tant au niveau des entités qu'au niveau des attributs et des relations. De nouvelles entités spécifiques aux fonctionnalités du système apparaissent, certains champs sont transformés en entités, ... Ces changements sont détaillés ci-après, la description détaillée de chaque table et relation se trouvant dans l'annexe C.

Le premier changement concerne les documents. En effet, ceux-ci ne peuvent être stockés directement dans la base de données. Ils doivent donc être enregistrés ailleurs et être référencés à l'aide de leur chemin d'accès. Selon cette optique, les documents peuvent se trouver n'importe où du moment qu'ils peuvent être référencés, rendant le système de gestion des documents plus souple. Les documents de type texte peuvent représenter un descriptif d'entité ou un document annexe à cette entité. Il en est de même pour les salles. Il nous faut donc ajouter un moyen de les distinguer, ce que nous matérialisons par un attribut « rôle » dans l'entité « texte ».

Tableau 4-2 Description de l'attribut rôle dans la base de données (Classe « texte »)

	Objet	Salle	Thème	Donnée Annexe
Rôle 1	Descriptif de l'objet	Descriptif de la salle	Descriptif d'un thème général	Descriptif de la donnée annexe
Rôle 2	Autres textes liés à l'objet	Autres textes liés à la salle	Autres textes liés au thème	Autres textes liés à la donnée annexe

Ce même procédé est utilisé pour séparer l'image d'un objet de ses autres images liées. Ainsi, l'image d'un objet est stockée dans un document de type « image » et avec l'attribut « rôle » mis à 2.

Tableau 4-3 Description de l'attribut niveau dans la base de données (Classe « image »)

	Objet
Rôle 1	Image de l'objet
Rôle 2	Autres images liées à l'objet

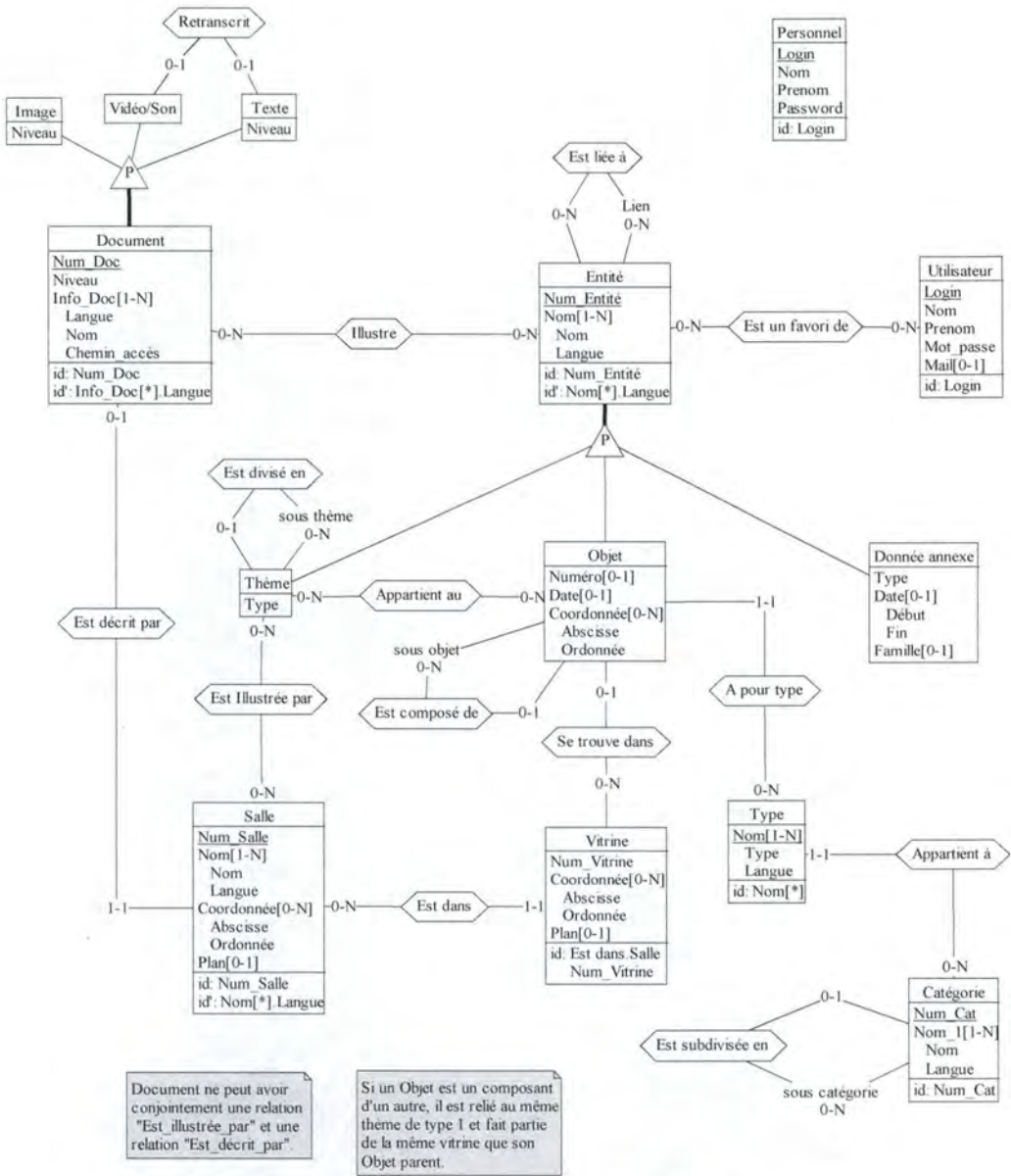


Figure 4-4 Schéma logique de la base de données

Une base de données ne stocke que des tables pour conserver l'information. Il nous faut ainsi transformer le schéma précédent afin de le rendre transposable en base de données. Cela implique une transformation au niveau des relations qui doivent à présent être matérialisées par des attributs.

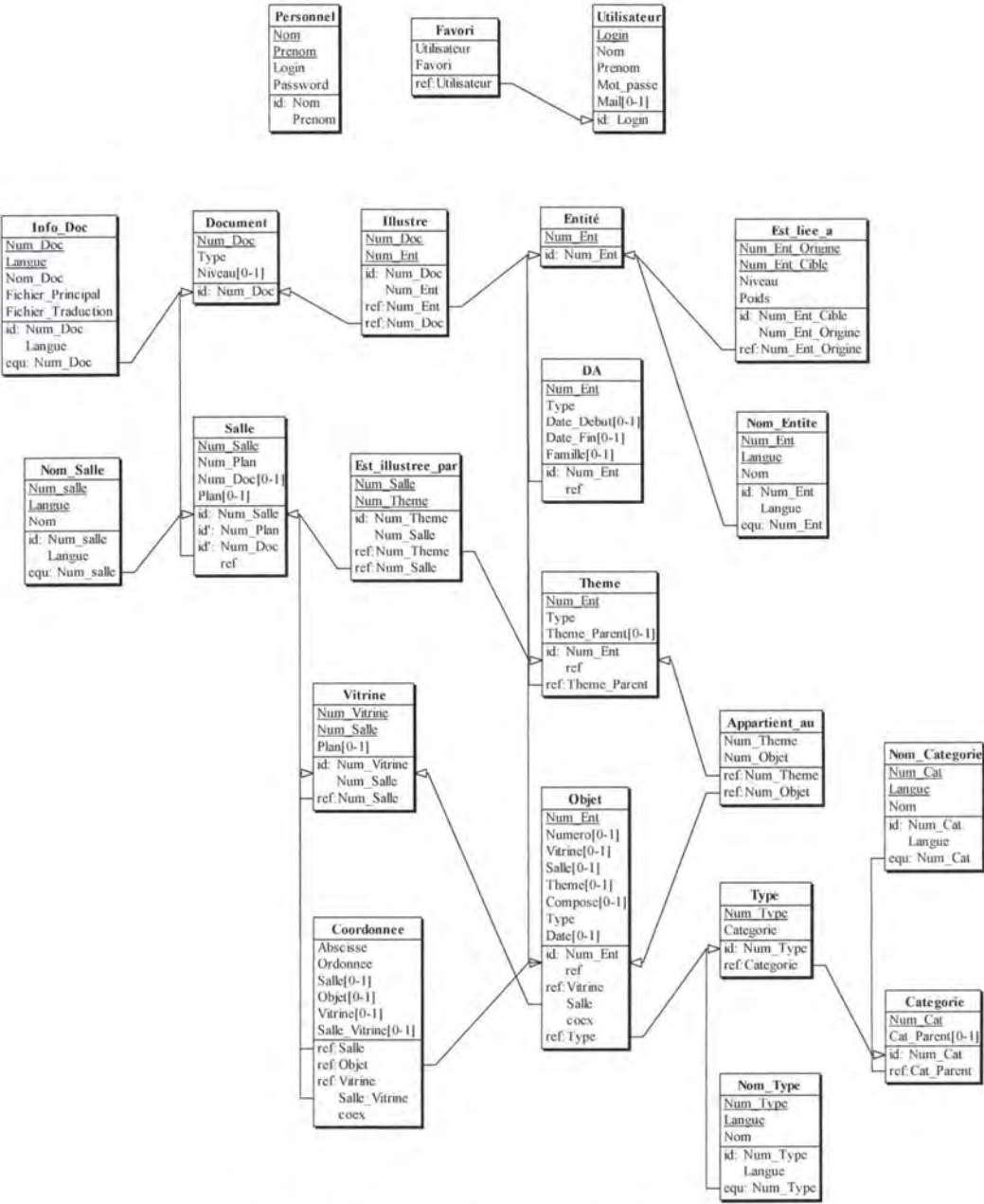


Figure 4-5 Schéma relationnel de la base de données

En raison de l'impossibilité de représenter des attributs multivalués, les relations sont transformées en nouvelles tables lorsque l'emploi d'attributs n'est pas possible. Cela concerne les relations de type plusieurs à plusieurs « est_illustrée_par », « est_un_favori_de », « est_liée_à » et « appartient_au » qui deviennent des tables de même nom. Les attributs multivalués du schéma précédent sont également transformés en tables. Ainsi, les attributs Nom et Coordonnées correspondant respectivement à une liste de noms et une liste de coordonnées se transforment en un lien vers les tables Nom et Coordonnées. Pour terminer, les relations entre une même table « est_divisée_en », « est_composé_de » et « est_subdivisée_en » deviennent de simples attributs de la classe qu'ils reliaient.

4.4 Composants logiques

Nous présentons ici une première découpe en composants logiques. Ces composants représentent des modules dont l'ensemble réalise les différents services identifiés plus haut. Pour réaliser ces services, un certain nombre de traitements sont nécessaires. Ces composants intègrent ces traitements et sont présentés dans la figure 4-6.

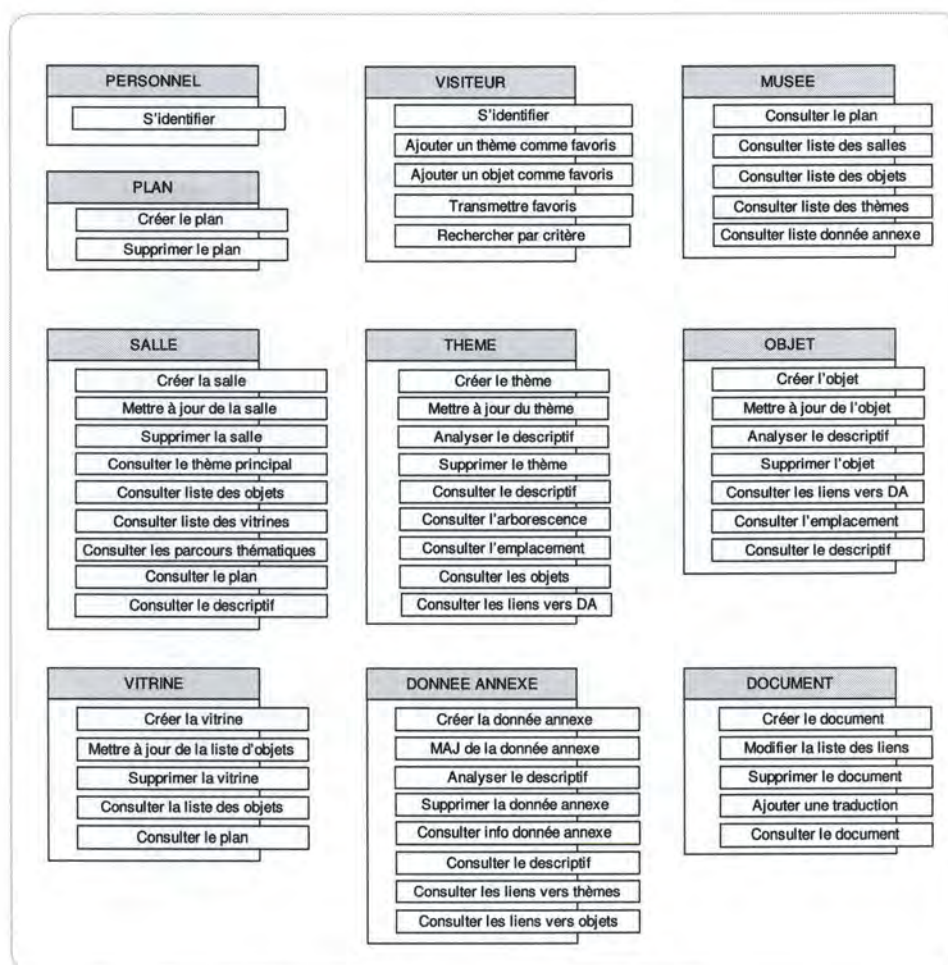


Figure 4-6 Découpe en composants logiques

Nous retrouvons principalement des fonctions de création, de modification et de suppression dans chacun des composants, ainsi que des fonctions de consultation des données inhérentes aux composants. Ainsi, le module thème possède une fonction de création d'un thème ainsi qu'une fonction permettant d'aller rechercher son descriptif. Nous pouvons retrouver également des fonctions comme « analyser le descriptif » qui effectue la recherche de données annexes dans un descriptif afin de matérialiser automatiquement des liens comme expliqué dans la section 4.1.

L'architecture logique intégrée présentée dans la figure 4-7 nous permet d'avoir une vue complète des composants. Il est à noter que nous avons adopté pour une architecture de type 3 tiers. Ce type d'architecture consiste à séparer les modules de traitements logiques des traitements de base de données et des interfaces de présentation. Ceci explique l'apparition du module « gestion de la persistance ». Les deux autres nouveaux modules représentent les interfaces graphiques ; il ne s'agit donc pas à proprement parler de modules de traitement. Cette architecture a l'avantage de permettre une plus grande évolutivité. Ainsi, par exemple, les interfaces graphiques peuvent être modifiées sans affecter les traitements.

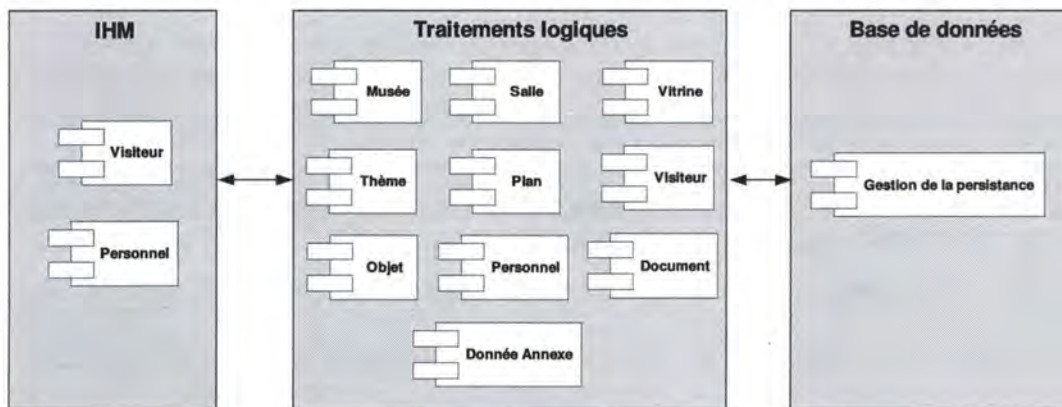


Figure 4-7 Architecture logique intégrée

L'analyse que nous venons d'effectuer n'aborde pas encore la question des choix technologiques envisagés pour réaliser concrètement l'application. Le chapitre suivant abordera cette question en présentant les différentes technologies mises à notre disposition pour répondre aux besoins de l'application. Il présentera également les choix effectués ainsi que les arguments qui nous ont poussés à choisir une technologie plutôt qu'une autre.

Chapitre 5: La question des technologies

Afin de créer une application sur base de la solution logique développée, il nous faut choisir les technologies à employer et transformer notre solution afin qu'elle s'adapte à ces choix. Précisons d'emblée que les choix technologiques posés au sein de ce chapitre ont été réalisés de manière à limiter au maximum le budget à accorder au projet. Dès lors, étant donné que celui-ci est réalisé dans le cadre d'un mémoire et que des alternatives gratuites sont disponibles pour tous les choix que nous devons effectuer, nos préférences se sont portées exclusivement vers des solutions non payantes. Cette démarche s'inscrit, par ailleurs, pleinement dans les recommandations des autorités administratives²⁰.

5.1 Introduction

Une des exigences non fonctionnelles est que le programme doit être le plus portable possible afin de fonctionner à la fois sur des PC, des PDA ainsi que sur des Macintosh. De plus, les systèmes d'exploitation (Windows, Mac OS, UNIX) présents sur ces types de machines sont variés. Ajoutons à cela le fait nous voulons un programme accessible en dehors du musée et que les PDA possèdent un navigateur Web intégré. Les technologies Internet semblent dès lors toutes indiquées, en tenant compte également du fait que des applications personnalisées sont difficiles à mettre en place sur des appareils portatifs. En plus des qualités évoquées ci-dessus, il est primordial qu'elles puissent permettre de réaliser les trois parties du programme c'est-à-dire la partie visiteur, la partie encodage et la partie PDA dans le même langage de programmation. C'est effectivement le cas. Notons pour la complétude de l'information que la partie encodage, quant à elle, aurait pu être réalisée dans un autre langage comme en Java par exemple. Cependant, par facilité et pour permettre d'encoder des données même si le serveur n'est pas hébergé en interne, la même technologie fût utilisée.

5.2 Internet

Internet est un réseau à l'échelle mondiale. Comme tout réseau, il permet d'échanger des données entre utilisateurs y adhérant. Sa fonctionnalité principale consiste à mettre des serveurs à disposition de personnes distantes : le Web. Celui-ci n'est en fait qu'une multitude de serveurs reliés entre eux à l'aide de routeurs.

Le Web met à disposition des sites Web qui peuvent être définis comme un ensemble de fichiers au format HTML stockés sur des ordinateurs qui hébergent ces pages et les sert via un logiciel appelé serveur Web. Ces ordinateurs sont, bien sûr, connectés en permanence au réseau Internet.

Concrètement, le fonctionnement du Web peut être expliqué comme suit : un ordinateur possédant un navigateur Web (ou browser en anglais) communique via le protocole HTTP avec un autre ordinateur hébergeant le site. Le Web n'est donc rien d'autre qu'une connexion liant un serveur et un navigateur Web.

²⁰ Voir notamment le projet WIST (<http://www.wistonline.net/>).

On peut placer des programmes au niveau du serveur mais aussi du côté du navigateur Web. La prochaine section détaillera les langages les plus utilisés côté client tandis que la section suivante détaillera les principaux langages de scripts utilisés côté serveur. Nous clôturons chacune de ces sections par les arguments qui nous ont fait choisir un langage plutôt qu'un autre.

5.3 Navigateur

Le navigateur reçoit des pages HTML²¹ contenant la structure de la page à afficher. Ces pages sont structurées à l'aide de balises délimitant les parties du texte, la position des images, etc. On peut les comparer à une « photo » de la page en ce sens qu'elles ont une structure inamovible. Ces balises sont analysées par le navigateur qui affiche progressivement la page résultat en fonction des balises rencontrées.

Exemple de page HTML :

```
<HTML>
<HEAD>
  <TITLE> Voici le titre de la page ... </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
  Voici le contenu de la page...
</BODY>
</HTML>
```

Pour chaque traitement d'information, le navigateur envoie sa requête au serveur. Celui-ci effectue le travail et renvoie la nouvelle page au navigateur. Cette solution n'est pas toujours très efficace. Prenons un exemple concret. Lors de la saisie d'informations dans un formulaire, il serait préférable de pouvoir vérifier certains champs avant l'envoi d'informations erronées. Dans ce cas ci, des temps de chargement et de la bande passante auraient pu être économisés si ces vérifications avaient été faites par le navigateur Web lui-même. C'est pour cette raison que des langages utilisables du côté du navigateur Web furent inventés.

5.3.1 Javascript et VBScript

Le Javascript et le VBScript sont des langages de scripts incorporés dans un document HTML. Historiquement, le Javascript est le premier langage de scripts pour le Web. Il fut créé par Netscape en 1995. Ils permettent tous deux les mêmes opérations et sont sensiblement semblables. Ces « scripts » sont insérés dans les pages HTML à l'aide de nouvelles balises afin que le navigateur puisse les analyser et ne pas afficher le code à l'écran.

```
<SCRIPT LANGUAGE= "JAVASCRIPT"> code Javascript
</SCRIPT>
```

²¹ HyperText Markup Language

Le navigateur recevant les pages HTML munies de ces scripts pourra alors réaliser des opérations sur la machine du client.

Malheureusement, ces langages sont fortement dépendants du navigateur appelant la page Web dans laquelle le script est incorporé, mais en contrepartie il ne nécessite pas de compilateur, contrairement aux applets Java décrites ci-dessous.

5.3.2 Applet Java

Un autre moyen existe pour effectuer des actions du côté client. Ainsi, Java permet à l'aide de ses « applets » d'effectuer la même chose que les scripts décrits ci-dessus. Cependant son utilisation est de moins en moins répandue du fait de sa lenteur de chargement. En effet, celle-ci doit être préalablement compilée, et une machine virtuelle permettant d'interpréter le pseudo-code doit être chargée en mémoire (du côté du client) à chaque chargement de la page, d'où un important ralentissement.

5.3.3 Les langages vectoriels

Alors que la majorité des graphiques rencontrés sur le Web constituent des images pixélisées, les langages vectoriels permettent de construire un autre type de graphique, les graphiques vectoriels. Ils contiennent des objets géométriques tels que des droites ou des courbes. Ceci permet une plus grande souplesse en comparaison avec des formats seulement tels PNG et JPEG qui doivent conserver l'information de chaque pixel du graphique. Ces langages offrent la possibilité d'effectuer des modifications sur l'image, telles des rotations, des agrandissements, sans perte de qualité et sans distorsion. Ces langages sont dès lors moins influencés par des formats d'affichage différents. Leur facilité de manipulation permet également de réaliser de nombreux effets animés. Ils produisent au final des images ou des animations beaucoup plus fluides et légères. Précisons néanmoins que l'emploi de ces graphiques vectoriels n'est pas exactement le même que des images pixélisées. Des graphiques vectoriels seront plutôt utilisés pour faire des animations ou des graphiques simples tandis que les images pixélisées seront toujours utilisées pour représenter des images complexes telles des photos. Néanmoins, il est intéressant de cerner en quoi les graphiques vectoriels peuvent se substituer, là où ils excellent, à l'utilisation des images pixélisées qui foisonnent sur le net.

Comme tous les affichages modernes se fondent sur des pixélisations, la différence entre les graphiques seulement pixélisés et les graphiques vectoriels se ramène à la question de savoir où la pixélisation intervient, côté client pour les graphiques vectoriels et, à l'inverse, côté serveur pour ceux pixélisés.

Ces langages vectoriels et leur facilité d'écriture représentent un réel potentiel pour les applications graphiques sur GSM, sur PDA, et sur le Web en général. Des programmes de dessins vectoriels permettent de ne pas devoir écrire de code quand ce n'est pas nécessaire, facilitant ainsi leur création. Ils génèrent en outre des pages très agréables à l'œil. De plus, les fichiers générés sont très légers limitant par la même le temps de chargement de ce genre d'animations.

Les deux langages les plus répandus actuellement sur le Web sont Flash, un langage propriétaire détenu par Macromédia, et dans une moindre mesure SVG, un langage Open Source validé par le W3C²² mais qui prend de plus en plus d'essor. Ces langages sont destinés à introduire une alternative aux images pixellisées classiques.

Flash

Flash est un produit proposé par la société Macromédia. C'est un format propriétaire mais néanmoins devenu très populaire sur le Web et la plupart des navigateurs disposent d'un plug-in Flash intégré. Son utilisation actuellement est principalement centrée sur la création de bannières publicitaires et de jeux de par son côté graphique attrayant. Des sites entiers en Flash sont fréquents sur le Web également. Flash est plus utilisé actuellement comme un outil permettant de créer des pages « tape à l'œil » surexploitant les effets possibles pour rendre la page la plus dynamique. La perception qu'en ont les utilisateurs n'est pas toujours des meilleures de par la difficulté d'utilisation de ses pages, l'énervement provoqué par les animations et, généralement, le manque de contenu. Cette surutilisation du Flash ne permet pas de mettre en valeur le réel intérêt que peuvent fournir les langages vectoriels sur le Web. Flash constitue néanmoins un langage puissant et reste une référence pour certaines utilisations tels l'ajout d'animations dans des contenus pédagogiques, artistiques ou humoristiques et qui ne nécessitent pas de modification une fois créées.

Notons pour conclure que les fichiers Flash sont moins gourmands en taille que leurs équivalents SVG. En effet, le code XML est plus lourd que le binaire du Flash et donc plus lent à télécharger.

SVG

Le SVG, autrement dit Scalable Vector Graphics, est une grammaire XML permettant la description d'images 2D vectorielles.

Les formats vectoriels souffraient jusqu'à présent d'un manque de standardisation. En effet, mis à part Flash, dont le plug-in est installé sur bon nombre de navigateurs, les formats vectoriels ne sont que peu reconnus. Le format SVG est validé par le W3C et offre l'avantage d'être standardisé et ouvert. S'appuyant sur la norme XML, construire un fichier SVG et donc décrire une image n'est rien d'autre qu'écrire du texte dans le format dicté par la grammaire XML. Cela permet d'offrir des garanties d'interopérabilité et de facilité de transformation et de manipulation. En outre, le texte présent dans un fichier SVG peut-être sélectionné et indexé par un moteur de recherche. D'autres fonctionnalités intéressantes peuvent être mentionnées comme la possibilité qu'un langage génère à la volée des images SVG ou encore la possibilité d'utiliser dans un fichier SVG les feuilles de style CSS ou XSL.

Différents types d'objets graphiques sont admis par SVG: les contours graphiques vectoriels tels des lignes droites et des courbes, les images et du texte. Tous ces objets peuvent être manipulés de manière très souple. On peut effectuer des groupements de plusieurs objets, modifier leurs styles, les transformer et composer des objets ensemble. Il est possible d'appliquer des masques, d'effectuer des tracés de rognage, des transformations imbriquées,... Tous ces objets peuvent être animés soit via un langage de script externe qui

²² World Wide Web Consortium

peut accéder à tous les éléments, propriétés et attributs du document via le DOM²³, soit en incorporant directement des éléments d'animation dans un fichier SVG.

Toutes les recommandations du W3C pour le SVG 1.1 peuvent être trouvées dans [SPECSVG].

Nous avons déjà parlé de l'intérêt d'adapter ces langages aux appareils portatifs; le secteur industriel pousse d'ailleurs dans ce sens. Dans cette optique et convaincu que les appareils portatifs constituent un secteur clé pour l'affichage de graphiques vectoriels, le W3C a réuni ses efforts pour proposer un profil de spécification qui s'adresse à ce type d'appareil : le SVG Mobile.

Etant donné la variété d'appareils portatifs disponibles sur le marché, disposant chacun de caractéristiques particulières en terme, entre autre, de vitesse processeur, quantité de mémoire et dispositif d'affichage, le W3C a défini deux profils différents. Le premier, SVG Tiny, est plus adapté aux appareils portatifs moins évolués. A l'inverse, SVG Basic, s'adresse aux appareils portatifs disposant de caractéristiques plus évoluées. Une première constatation est de dire que ces deux profils ont été définis de manière à être mieux adaptés aux appareils portatifs de type GSM d'une part et de type PDA d'autre part.

Ces appareils ne disposant pas de caractéristiques aussi évoluées que des ordinateurs de bureau, un certain nombre de restrictions interviennent par rapport à la version SVG 1.1. Ces restrictions concernent le contenu des animations, les types d'attributs, les propriétés des objets et limite le comportement de l'utilisateur.

Toutes les recommandations du W3C pour le SVG Mobile peuvent être trouvées dans [MOBSVG].

5.3.4 Notre choix du côté navigateur

Notre choix s'est porté sur les langages de scripts et plus particulièrement sur le Javascript pour sa facilité et sa rapidité par rapport aux applets java. Il est également très répandu sur le Web et relativement facile d'emploi.

La partie encodage de l'application prévoit de permettre au personnel du musée de créer des plans. Cette création impliquant certaines opérations de dessins, nous avons à notre disposition deux solutions applicables à l'heure actuelle sur le Web : les applets java et les langages vectoriels. Les désavantages des applets ayant été exposés, nous avons trouvé tout indiqué d'utiliser l'un de ces langages vectoriels. Le processus de création de plans tel que nous le voyons implique un moyen d'indiquer l'emplacement des objets ou vitrine sur un plan déjà existant (scanné ou construit à l'aide d'un logiciel de dessin). Nous devons donc avoir la possibilité de rajouter une couche au dessus de l'image permettant de délimiter les contours des objets ayant un sens en vue d'un traitement dynamique ultérieur.

Par rapport au SVG détaillé ci-dessous, le langage Flash dispose déjà d'une base solide sur le Web. Il dispose également de capacités d'interaction supérieure au SVG car il utilise un langage d'animation puissant nommé ActionScript tandis que le SVG utilise des

²³ Document Object Model

langages moins adaptés tels le Javascript. Néanmoins, l'utilisation du Javascript nous permet d'interagir à notre guise avec un fichier SVG, ce qui cadre avec nos besoins explicités plus haut. Suite à ces considérations et en rappelant que le langage Flash est un langage propriétaire, nous avons tout naturellement choisi le langage SVG comme langage de création des plans. Notons pour conclure que le langage SVG est n'en est encore qu'à ses débuts mais qu'il est de plus en plus utilisé notamment dans le domaine de la cartographie²⁴.

5.4 Serveur Web

Pour l'instant nous avons supposé que les serveurs ne servent qu'à transmettre des pages HTML déjà existantes en fonction de leur demande. Dans cet état, il faudrait que toutes les pages existent déjà et qu'aucun traitement ne soit nécessaire. C'est-à-dire que pour chaque cas de figure un fichier .html existe. Il n'en est évidemment rien en réalité. Afin de pouvoir construire des pages dynamiquement en tenant compte, par exemple, de base de données ou de profil d'utilisateur, des langages sont apparus.

Il est à noter que cette partie n'a pas la prétention de constituer une liste exhaustive des approches possibles pour créer des pages Web dynamiques mais elle permet d'avoir une vision d'ensemble des techniques utilisées majoritairement sur la toile aujourd'hui.

5.4.1 Fonctionnement par délégation

Le fonctionnement d'un serveur par « délégation » fût le premier moyen utilisé pour créer des pages Web dynamiques. Le serveur délègue la création dynamique des pages HTML à une tierce application qui interprète ou exécute un script. Les scripts CGI fonctionnent de cette manière. Il s'agit d'une norme permettant de construire un programme, tournant côté serveur, qui réalise l'interfaçage entre le serveur Web et d'autres applications comme Perl, Java, C ou un SGBD²⁵.

Le langage Perl est grandement utilisé dans la création de scripts CGI²⁶ car il est particulièrement adapté au traitement des chaînes de caractères. Le langage Perl dispose d'autres qualités intéressantes telles sa gratuité, sa portabilité et son accessibilité. Néanmoins, il est gourmand en ressources car il s'agit d'un langage interprété, le code est peu lisible et il est peu sécurisé pour une utilisation sur un serveur Web comme nous le verrons.

Lorsqu'une requête est envoyée au serveur (sous forme d'en-têtes de requête HTTP) par un navigateur client, il analyse les données et notamment la localisation et l'extension du fichier demandé. En fonction de cette extension, il va exécuter l'application associée à ce type de fichier (par exemple l'interpréteur Perl dans le cas d'un fichier Perl) en lui fournissant comme variables les en-têtes HTTP. Cette application lui fournit un flux de données représentant le code HTML qu'il envoie directement au navigateur sans traitement.

Ce principe est de moins en moins utilisé et est certainement appelé à disparaître pour être remplacé par des langages directement interprétés par le serveur Web.

²⁴ Remarquons que la création d'une carte n'est pas très éloignée de la création d'un plan.

²⁵ Système de gestion de base de donnée

²⁶ Common Gateway Interface

5.4.2 Interprétation par le serveur

Alors que les scripts CGI nécessitent de générer la page HTML dans son entièreté, des langages, directement interprétés par le serveur, se mélangent au code HTML. Le serveur ne lance l'interpréteur correspondant que lorsqu'il rencontre des instructions interprétables.

ASP pour Active Server Pages et PHP pour Personal Home Page sont tous deux des langages de scripts interprétés par un serveur. ASP fut développé par Microsoft et est donc principalement adapté aux solutions de Microsoft, que ce soit le serveur Web (IIS ou Internet Information Server) ou le système d'exploitation sur lequel il tourne. Cela implique une licence qui coûte cher mais qui offre néanmoins aux entreprises une garantie de suivi, par Microsoft, de leur solution.

Un script ASP (resp. PHP) est un fichier texte dont l'extension est *.ASP* (resp. *.PHP*). Il contient des portions de script, c'est-à-dire des lignes de code interprétées par le serveur Web, encadrées par des balises spécifiques (<% et %>) afin de déterminer si le code doit être analysé ou renvoyé tel quel au programme client. Le fonctionnement du serveur est principalement identique à celui des serveurs basés sur le langage PHP. Ainsi, celui-ci analyse le texte et exécute les instructions encadrées par les balises adéquates et renvoie une des données que le navigateur « comprend », c'est-à-dire du code HTML et/ou du Javascript, ... Le code ASP ou PHP n'est donc en aucun cas visible par le client au contraire du code HTML.

Exemple de script ASP :

<pre><HTML> <HEAD> <TITLE>Exemple de script ASP </TITLE> </HEAD> <BODY> <% FOR i = 1 to 3 %> Bienvenue sur le site du MRA <% Next %> </BODY> </HTML></pre>	→	<pre><HTML> <HEAD> <TITLE>Exemple de script ASP </TITLE> </HEAD> <BODY> Bienvenue sur le site du MRA Bienvenue sur le site du MRA Bienvenue sur le site du MRA </BODY> </HTML></pre>
--	---	--

Sensiblement pareils notamment au niveau de leur simplicité d'emploi, PHP possède néanmoins quelques avantages primordiaux sur ASP et qui nous intéressent particulièrement : il est très répandu, libre, disponible sur de nombreuses plates-formes et surtout gratuit.

5.4.3 Technologies Java

Les langages introduits précédemment étaient tous des langages entièrement interprétés. La technologie Java diffère en ce sens qu'une application Java est d'abord compilée en byte code, un code intermédiaire entre le code source et le code directement utilisable par la machine. Ce code est ensuite interprété dans une machine virtuelle Java avec

comme conséquence une rapidité d'exécution accrue, le code étant plus proche du langage machine.

Les principaux modes d'utilisation des technologies Java lors du développement d'applications Web sont les servlets et les pages JSP²⁷. Ces techniques reposent ainsi sur des bases solides et intègrent tout ce qui fait la force de Java : multithreading, conception orientée objet, gestion automatique de la mémoire, gestion des exceptions, sécurité...

Les servlets sont des applications Java tournant côté serveur, appelées côté client et fournissant des pages Web construites dynamiquement. JSP est un langage de scripts basé sur cette même technologie. JSP est dérivé des servlets dans le sens où les pages JSP sont transformées en servlets par le module JSP tournant sur le serveur Web.

L'intérêt des pages JSP par rapport à l'utilisation des servlets est de pouvoir séparer le code html à proprement parler du code java via l'ajout de code entre balises spéciales à l'intérieur de la page html tandis que la construction d'une servlets implique l'écriture des balises html à l'intérieur même du code de la servlet.

Les pages JSP ne sont compilées qu'à chaque mise à jour du fichier JSP et requièrent un minimum de ressources afin de fournir la réponse au client. Néanmoins, se reposer sur la technologie java requiert un serveur où tourne une machine virtuelle java et donc relativement bien fourni en mémoire et en vitesse de calcul afin de fournir de bons temps de réponse.

5.4.4 Notre choix du côté serveur

La solution ASP a d'emblée été écartée étant donné qu'elle implique des choix au niveau matériel qui ne cadre pas avec ce qui est déjà en place au musée.

Alors que l'utilisation de pages JSP s'avère être une technique particulièrement intéressante grâce à l'utilisation du langage Java et tout ce que cela implique au niveau des fonctionnalités, de la rapidité de réponse, de la sécurité et autre, nous jugeons néanmoins qu'une très faible partie de la puissance de Java serait utilisée dans l'application. Dès lors, étant donné la complexité de l'application, nous avons préféré nous diriger vers le langage PHP qui, malgré le fait qu'il n'offre pas autant de potentialité de développement, offre néanmoins de nombreuses possibilités de création de pages dynamiques.

En plus des qualités déjà énoncées ci-dessous (simple, répandu, libre, multi plates-formes, gratuit), notons que PHP reste très performant. La documentation foisonne sur le net et offre un bon support aux programmeurs. Le langage dispose aussi d'une collection de bibliothèques très développée dans beaucoup de domaines tels l'imagerie, la cryptographie, les bases de données,... Un petit bémol néanmoins, les scripts PHP deviennent vite illisibles et il devient difficile de pouvoir distinguer clairement la partie présentation de la partie traitement. Cela présente un frein à l'intégration de nouveaux programmeurs dans un projet existant.

L'écriture des scripts en PHP est facilitée par rapport aux scripts CGI vu que le langage PHP est spécialement conçu pour la conception de pages Web dynamique tandis que

²⁷ Java Server Page

les scripts CGI se basent sur des langages existant comme Perl, Java, C ou C++ qui ne sont pas des langages de programmation Web.

Au niveau de la sécurité, les pages JSP l'emportent étant donné qu'elles intègrent le système de sécurité de JAVA 2. Le but ici n'étant pas de s'étendre sur la sécurité, nous précisons simplement que Sun a, dès le début de la conception de JAVA, attaché beaucoup d'importance à l'aspect sécurité. Etant donné qu'un programme CGI est un exécutable, son utilisation correspond à laisser n'importe qui exécuter un programme sur votre ordinateur. Supposons qu'un script soit mal écrit et qu'il accède à des fichiers sensibles du système, un utilisateur pourrait avoir accès à ces fichiers. D'ailleurs, la plupart des fournisseurs d'accès actuels interdisent leur utilisation car même s'il est toujours possible de combler des trous de sécurité, la complexité de certains scripts CGI empêche de repérer facilement les erreurs de sécurité. Pour ce qui est de PHP, la configuration étant particulièrement flexible, il est possible de définir un haut niveau de sécurité au serveur. En effet, PHP dispose d'un fichier de configuration qui permet de modifier la valeur de certains paramètres de sécurité. Notre choix s'étant porté vers ce langage, nous apportons quelques précisions quant aux paramètres de configuration principaux de PHP et ce qu'ils permettent de contrôler au niveau sécurité dans l'annexe D. Il faut garder à l'esprit que le PHP comme tout autre langage n'a pas la prétention d'être exempt de failles de sécurité. Il s'agit ici de trouver un bon équilibre entre sécurité et ergonomie c'est à dire minimiser les risques sans contraindre à l'extrême les utilisateurs.

L'utilisation de PHP pour l'interfaçage avec les principales bases de données s'avère également particulièrement simple. Or la nécessité première de créer des pages Web dynamiques est, dans notre cas, la consultation et la mise à jour d'une base de données. Toujours dans un souci de souplesse, le PHP permet également l'interconnexion à un grand nombre de SGBD. Ainsi, si le musée choisissait de migrer vers un autre SGBD, l'utilisation du langage PHP ne poserait pas un problème majeur.

5.5 Système de gestion de base de données

L'utilisation d'un SGBD plutôt qu'un autre dépend des besoins de l'application. De notre côté, nous voulions disposer d'une solution particulièrement rapide afin que la visite ne soit pas entachée de temps de réponse trop long et gratuite. Notre choix s'est directement porté vers MySQL, un des systèmes les plus populaires actuellement. Il possède tous les avantages d'un logiciel libre à savoir l'abondance de documentation, une communauté de programmeurs acquis à sa cause et le respect des standards. Il est porté sur un grand nombre de plates-formes, se télécharge gratuitement et est facile d'utilisation. De nombreux langages sont en outre capables d'interagir avec MySQL tels PHP, C, Java, Perl, Python,...

La crédibilité de MySQL n'est plus à démontrer au vu des clients l'utilisant : Google, Yahoo France, Nokia, Cisco, Compaq,... Il est donc apte à fonctionner dans des environnements de fortes sollicitations, nécessitant des performances de haut niveau.

Au moment du choix d'un SGBD, seule la version 3.x de MySQL était disponible en version stable. Les limitations induites par cette version pouvaient être facilement contournées dans le cadre de notre application. Citons par exemple l'absence de transactions (simulées grâce au lock de tables), l'absence de clés étrangères (qui ne sont réellement indispensables que si l'on exige une vérification de cohérence des relations entre tables) ou l'absence des

requêtes imbriquées (contournées à l'aide de tables temporaires). La nouvelle version 4.x apporte une réponse à ces limitations en permettant notamment une gestion complète des transactions²⁸, et une large communauté de programmeurs travaillent afin d'intégrer dans de futures versions la gestion des requêtes imbriquées, des clés étrangères, des vues, des triggers,...

Maintenant que les technologies ont été choisies, elles vont être utilisées afin d'élaborer l'application présentée au chapitre suivant.

5.6 Implications des choix technologiques

5.6.1 La gestion des plans

Comment représenter un plan d'une salle ou d'une vitrine ? C'est une question délicate qui mérite quelques explications. Le choix ne se limitait évidemment pas au langage Flash ou SVG comme la partie précédente aurait pu le laisser supposer. Nous allons détailler plus précisément le raisonnement qui nous a conduit à adopter SVG, ainsi que l'incidence de ce choix sur la solution logique développée au chapitre 4.

Un plan n'est somme toute qu'une simple image. Une image JPEG provenant du scannage d'un plan dessiné à la main ou d'un programme de dessin aurait donc pu suffire. Cependant, la présentation d'une simple image ne permet pas une très grande interactivité avec le visiteur. Tout naturellement, celui-ci aurait voulu cliquer par exemple sur une vitrine, espérant ainsi obtenir des informations sur celle-ci. Il apparaît immédiatement qu'une fonction importante doit être rajoutée : l'emploi de zones cliquables.

L'emploi de zones cliquables peut être effectué de différentes manières. Une image JPEG peut être associée à un fichier Map décrivant les coordonnées des zones cliquables sur l'image. Cette solution n'est toutefois que très rarement utilisée, de nouvelles technologies plus adaptées existant. De plus, aucun effet visuel adéquat permettant de montrer à l'utilisateur qu'il se trouve sur une zone cliquable n'est possible avec l'utilisation de fichier Map. Les images construites à l'aide des langages vectoriels permettent quant à elles de définir ces zones et de fournir les effets visuels adéquats. Il ne nous reste donc plus qu'à choisir entre SVG, Flash et les applets java. Notre choix s'est porté sur SVG puisque ce langage constitue un standard reconnu, ouvert et gratuit. Ceci a une incidence directe sur notre conception logique puisque, contrairement à ce que le choix des applets java aurait induit, les coordonnées des zones représentant les salles, les vitrines ou les objets ne doivent plus être encodées dans la base de données. En effet, toutes ces données se trouvent insérées dans le fichier SVG qui comprend l'image du plan et les coordonnées des objets.

Qu'en est-il de la création des plans ? L'utilisation d'images « non cliquables » aurait été aisée puisque de simples scannages auraient suffi. Néanmoins, nous venons de démontrer que cela n'était pas adéquat. Si l'utilisation de Flash avait été adoptée, il aurait fallu créer les plans à l'aide de logiciel autre que le système mis en place étant donné que le langage Flash est propriétaire. De plus, il aurait fallu que le créateur du plan connaisse les URL exactes des

²⁸ Les autres améliorations ne seront pas détaillées ici mais peuvent être consultées sur le site officiel de MySQL www.mysql.com

pages pointées par les zones cliquables ce qui est hors de question pour la création d'un système qui se veut le plus flexible possible. Une fois encore, SVG se montre le plus à même de régler ces problèmes. Contrairement à Flash, SVG permet à l'utilisateur de dessiner via son navigateur Internet ce qui comme nous le verrons par la suite, lui permettra de définir des zones afin de placer les objets ou vitrines.

5.6.2 Découpe physique

PHP permettant la programmation orientée objet, la découpe en composants ne change pas. Chaque composant défini dans le chapitre précédent trouvera donc son équivalent en fichier PHP. Pour ce qui est des interfaces graphiques, les avantages de PHP, Javascript et des « feuilles de style » furent employés au maximum. Les feuilles de style permettent de définir le style des moindres parties de texte tout cela dans un seul fichier. Le changement de style pour l'entièreté du site constitue donc grâce à eux une étape relativement aisée. De même, les parties de script PHP définissant les parties équivalentes (comme les menus) dans chaque interface graphique sont groupées dans un même fichier pour faciliter les mises à jour. Enfin, dans cette même optique, tout le code Javascript, de même que le code de base de données, est centré dans un même fichier.

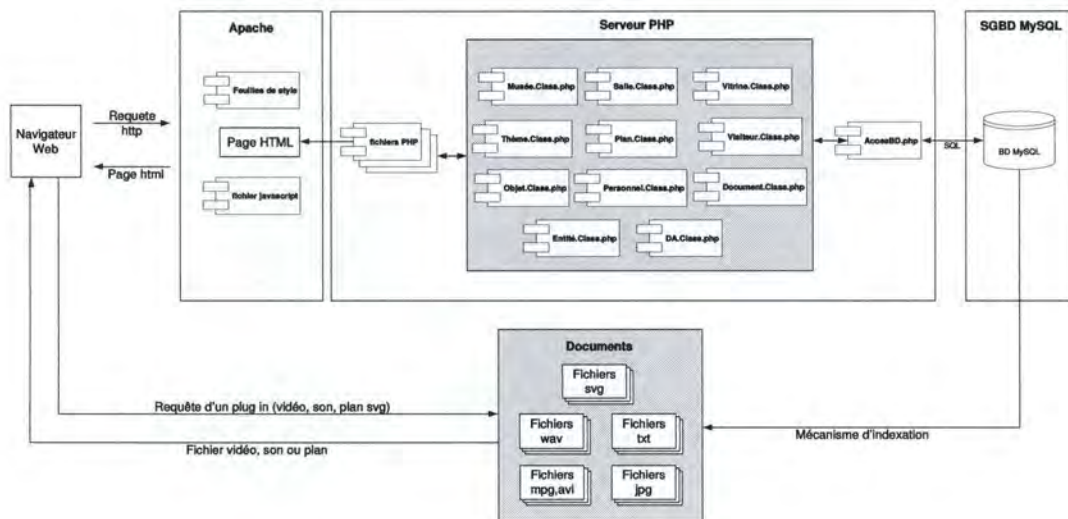


Figure 5-1 Découpe physique

Un complément d'informations relatives à l'implémentation se trouve à l'annexe E. Celle-ci reprend le nombre de lignes de code de chaque fichier du système ainsi que des parties de code à titre d'illustration.

Chapitre 6: L'application

Rappelons brièvement le fonctionnement de notre programme. Il comporte trois parties interagissant avec la même base de données. La première partie, accessible sur le Web, consiste à présenter des informations concernant le musée. Cette partie peut être consultée par le visiteur à domicile ou bien via une borne reliée au site, au sein même du musée. Il pourra donc y trouver des renseignements complémentaires lors de sa visite. Il y trouvera également une fonctionnalité lui permettant de préparer sa visite, ceci après s'être préalablement enregistré dans le système. Nous y reviendrons plus en détails par la suite. La deuxième partie est disponible dans le musée et accessible en interne via des PDA. Elle consiste en grande partie en une transformation des informations consultables sur le Web afin de pouvoir les représenter sur un support plus petit. Enfin, la troisième partie permet aux conservateurs d'encoder les informations voulues dans la base de données.

Afin de montrer le fonctionnement de ces trois parties, nous allons reprendre l'exemple de la salle russe dont nous nous sommes servi jusqu'à présent. Nous commencerons par expliquer le travail préliminaire à l'encodage de cette salle. Ensuite, nous passerons à l'encodage des données résultant de ce travail préliminaire. Enfin, nous montrerons l'aboutissement pour les visiteurs, que ce soit sur le site Web ou sur son adaptation pour PDA.

6.1 Travail préliminaire à l'encodage

Avant l'encodage à proprement parler, nous préconisons un travail préliminaire sur la salle afin d'avoir une vue générale des informations à encoder et d'être ainsi plus apte à représenter la salle de manière pertinente dans l'application. Ce travail préliminaire peut être découpé en deux parties. Une première partie a trait à la localisation et les intitulés d'objets. Celle-ci consiste en l'élaboration d'une liste des vitrines et de leur contenu. La deuxième partie s'occupe de l'agencement sémantique de la salle ainsi que de la rédaction des descriptifs. Son rôle est plus précisément d' :

- identifier les thèmes et sous-thèmes de la salle
- identifier les relations d'appartenance entre les thèmes et les objets
- identifier les parcours thématiques
- identifier les données annexes
- élaborer des textes descriptifs pour les objets, les thèmes et pour la salle en fonction des capacités de notre programme (c'est à dire contenant des liens entre entités, nous y reviendrons par la suite).

On remarquera que la première partie, ne consistant qu'à référencer l'existant d'une salle, pourrait être réalisée par des personnes ne disposant pas de compétences historiques. Nous pensons ici, par exemple, à des jobs étudiants. La deuxième, quant à elle, nécessite un effort important et certaines compétences afin d'être réalisée de manière optimale.

6.1.1 Localisation et intitulés

Cette partie étant relativement simple et répétitive, nous exposerons juste une partie du résultat obtenu pour la salle russe. Le seul problème qui peut apparaître est la présence de noms trop longs. En effet, pour des raisons de lisibilité évidente, tous les titres devront être inférieurs à cent caractères.

Objets exposés en dehors d'une vitrine

- Buste de Pierre le Grand
- Peinture de la bataille de Leipzig
- Portrait de Catherine II
- Portrait de Paul I

Vitrine N°1

- Objet N°1 : Pogoni de général major de la Garde impériale
- Objet N°2 : Tenue de parade d'un colonel du régiment des "lanciers de l'Empereur"
- Objet N°3 : Tapis de selle ou Shabrak pour un officier supérieur du régiment des "Lanciers de l'Empereur"
- Objet N°4 : Photo de Mannerheim en uniforme de service

Le travail effectué sur le reste des vitrines est équivalent.

6.1.2 Découpe thématique et rédaction

Découpe en thème

Premièrement, il faut découper la salle en thèmes et sous-thèmes afin de produire une liste telle :

- Thème général de la salle
 - Sous-thème 1
 - Sous-sous-thème 1
 - ..
 - Sous-thème 2
 - ...

Ensuite, il faut lier les objets à leur thème. Rappelons qu'un objet ne peut être relié qu'à un seul thème. Il peut toutefois être associé à plusieurs parcours thématiques. Voyons comment cela se présente pour la salle russe. La salle est découpée en quatre parties. Elle commence par une vitrine d'introduction présentant le personnage de Mannerheim. Cette vitrine est suivie par une partie traitant de manière générale des Cosaques et de l'histoire des Romanov. S'ensuit une partie consacrée à l'argenterie cosaque pour terminer par une section sur l'histoire récente de la Russie. Après affinement des thèmes et sous-thèmes, nous arrivons au résultat suivant :

- « Représentation de l'histoire politique et militaire de la Russie de la dynastie des Romanov »
 - « Mannerheim »
Contient les objets 1, 2, 3, 4 de la vitrine n°1
 - « L'histoire des cosaques »
Contient les objets non exposés en vitrine : Buste de Pierre le Grand, Portrait de Catherine II, Portrait de Paul I
 - « Bataille de Leipzig »
Contient l'objet non exposé en vitrine : peinture de la bataille de Leipzig
 - « Cosaques du Kouban et des steppes »
Contient les objets 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de la vitrine n°2
 - « Drapeaux des cosaques »
Contient les objets 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de la vitrine n°28
 - « Les armes blanches des cosaques »
Contient toutes les armes blanches de la vitrine n°29
 - « Pâques »
Contient tous les œufs de la vitrine n°29
 - « Cosaques de la garde »
Contient les objets 20, 21, 22, 23, 24 de la vitrine n°3 ; les objets 17, 18, 19 de la vitrine n°5 ; les objets 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 de la vitrine n°5 ; les objets 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la vitrine n°6
 - « Tuniques des Tsars »
 - « Tunique de Nicolas I »
Contient les objets 1, 2 de la vitrine n°27
 - « Tunique d'Alexandre II »
Contient les objets 1, 2 de la vitrine n°26
 - « Tunique d'Alexandre III »
Contient les objets 1, 2 de la vitrine n°25
 - « Tunique de Nicolas II et tzarevitch »
Contient les objets 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la vitrine n°24
 - « L'argenterie cosaque » (non développé)
 - « Cliché de l'armée et de l'administration d'état à la fin du règne de Nicolas II » (non développé)

Une fois ce travail effectué, on peut ajouter des parcours thématiques. Dans notre cas, la salle russe contient le parcours thématique « La dynastie des Romanov (à l'exception d'Elizabeth) ». Il consiste en une suite de peintures ou bustes reprenant les souverains Romanov:

- Buste de Pierre le Grand
- Peinture de Catherine II
- Peinture de Paul I
- Peinture d'Alexandre I
- Peinture de Nicolas I
- Peinture d'Alexandre II
- Peinture d'Alexandre III
- Peinture de Nicolas II

Données annexes

Définissons maintenant les données annexes identifiées en fonction des types dégagés:

Famille : les Romanov.

Personnages : Mannerheim, Pierre le Grand, Elisabeth, Catherine II, Paul I, Frédéric le Grand, Napoléon, Nicolas I, Alexandre I, Alexandre II, Nicolas I, Alexandre III.

Pays ou régions : Malte, Prusse, Russie.

Autre : Cosaques.

Textes descriptifs

Dans cette partie préliminaire, les membres du personnel devront esquisser une ébauche de descriptif en tenant compte des liens qu'ils veulent insérer. Ils ne doivent pas non plus oublier de parler des données annexes concernées afin qu'un lien soit automatiquement généré via l'analyse de leur texte (confer chapitre 4).

6.2 L'encodage

Comme nous l'avons vu, un des apports du système consiste à permettre au personnel du musée de bénéficier d'une interface leur permettant de remplir la base de données sans aucun prérequis en informatique. Cette base de données sera utilisée pour construire des pages dynamiques sans qu'aucune intervention ne soit requise. Cependant, afin d'encoder le plus facilement possible les données d'une salle, un certain cheminement doit être suivi. Cette section ne se veut pas un guide fixe mais plutôt une voie à suivre. De plus, il nous permettra de présenter en détail l'application développée. Cette section commencera donc par l'encodage d'une salle, suivi de l'encodage d'un thème et de l'explication de l'encodage des descriptifs. Enfin, nous terminerons par l'encodage des objets, des plans et des autres données.

6.2.1 Encodage d'une salle

L'encodage d'une salle se réalise de manière intuitive. Après avoir donné son login et son mot de passe, l'encodeur verra s'afficher un menu à la gauche de son écran lui permettant de choisir un des différents « modules » de l'encodage. Pour créer une salle, il devra donc choisir le module « Gérer les salles » qui est le premier de la liste. Il verra dès lors apparaître à l'écran la page représentée sur la figure 6-1.



Figure 6-1 Page générale de « Gérer les salles ».

Comme le lecteur peut le constater, cette page lui affiche la liste des salles déjà encodées ainsi que trois boutons « créer une nouvelle salle », « modifier » et « supprimer »²⁹. Toutefois, cette image n'était qu'illustrative. Dans notre cas, aucune salle n'est encore créée. Après avoir cliqué sur l'option « créer une nouvelle salle », l'écran suivant apparaît :

²⁹ Cette présentation étant commune à tous les modules, nous n'y reviendrons plus afin de ne pas surcharger cette section.

Figure 6-2 Page de création d'une salle

L'encodeur peut donc, comme décrit dans l'architecture logique, donner un nom, un thème général, un descriptif ainsi qu'une liste de vitrines et d'objet qui ne sont pas contenus dans des vitrines. Afin de lier les objets à la salle, un mécanisme assez simple est employé. L'encodeur dispose de deux listes dans lesquels il peut faire passer des arguments de l'une à l'autre. La liste de droite reprend les objets qui n'ont pas encore été attribués à une salle tandis que la liste de droite comprend les objets choisis dans la liste de gauche.

Etant donné que le thème général de la salle n'existe pas encore à moins que la salle russe n'ait le même thème général qu'une autre salle, ce champ ne doit pas être rempli. Il sera rempli via l'ajout d'un thème, ce que nous verrons par la suite. Cette remarque est également valable pour la liste d'objets. Comme nous venons de le dire, la liste de gauche comprendrait en temps normal la liste des objets qui n'ont pas encore été placés c'est-à-dire qui ne sont ni en vitrine ni dans une salle. Pour ce qui est des vitrines, seul leur numéro doit être donné ici.

Pour résumer, dans notre cas, le champ nom est mis à « les trésors de la Russie Impériale » et un texte décrivant la salle est rempli. Attention, ce texte n'est pas un thème. Il sert à présenter brièvement la salle ainsi qu'à expliquer divers éléments comme le choix de

son emplacement, son historique, etc. L'encodage de ce texte laisse entrevoir une première fonction en ce qui concerne l'encodage des descriptifs. Cette fonction est disponible pour n'importe quel type de descriptif c'est-à-dire ceux des thèmes, des objets ou des données annexes. Au vu de la place que pourraient prendre les textes, nous avons jugé utile d'avoir un moyen de « réguler » le texte. De plus, l'utilisateur n'est pas toujours intéressé par tous les passages des textes. Ainsi, nous avons permis de cacher certaines parties, ces informations cachées étant accessibles à l'aide d'un simple clic sur un titre. Un exemple étant plus parlant que de longues explications, en voici un. Supposons que le musée veuille apporter des précisions quant aux circonstances d'arrivée du matériel dans la salle sur les trésors de la Russie Impériale. On peut séparer cette partie assez facilement. Il suffit d'écrire le titre « Précision sur les circonstances d'arrivée du matériel » dans le champ situé en dessous du bouton « insérer le titre » et de cliquer sur ce dernier comme le montre la figure 3.

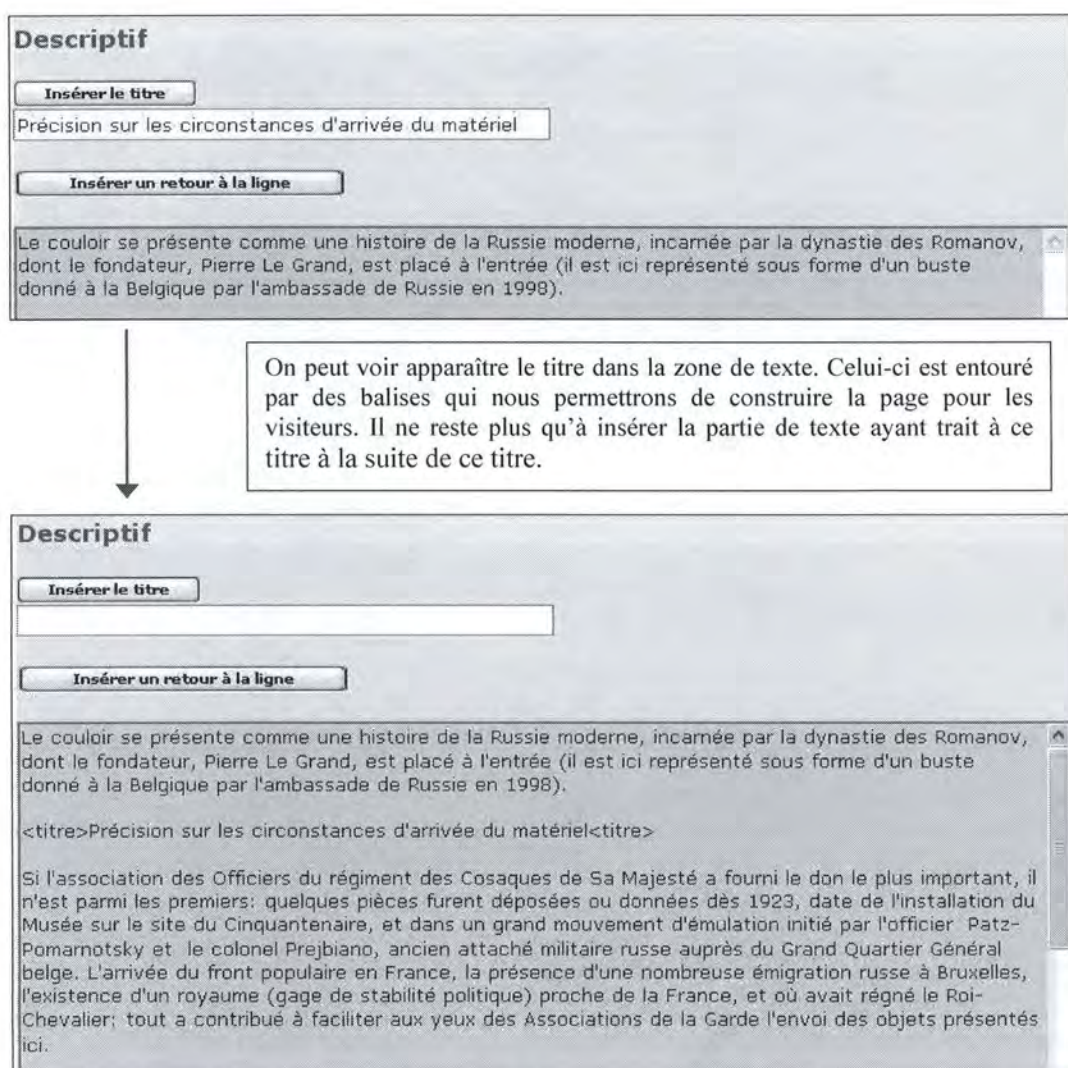


Figure 6-3 Introduction d'un titre dans un descriptif

Le résultat pour le visiteur sera donc dans ce cas la vue du titre « Précision sur l'emplacement de la salle » écrit en gras et précédé d'une case afin de l'inciter à cliquer sur celle-ci. Ce résultat est détaillé à la figure 6-4.

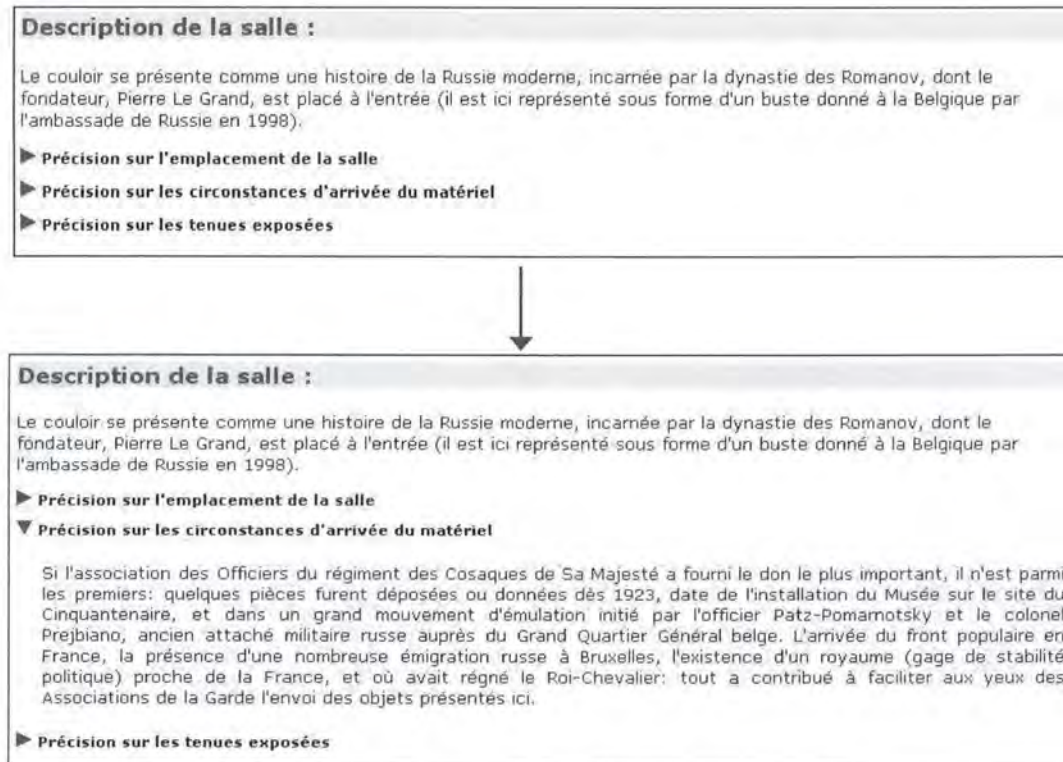


Figure 6-4 Résultat de l'introduction d'un titre dans un descriptif

6.2.2 Encodage d'un thème

Une fois la salle encodée, l'étape suivante consiste en l'encodage de la découpe en thème réalisée lors du travail préliminaire. Commençons par le thème général de la salle qui est « Représentation de l'histoire politique et militaire de la Russie de la dynastie des Romanov ». Après avoir choisi le module « Gérer les thèmes » et avoir appuyé sur le bouton « créer un nouveau thème », la page de création d'un thème s'affiche (figure 6-5). Celle-ci reprend une nouvelle fois les éléments de notre architecture logique c'est-à-dire :

- un nom
- un type
- sa place dans la hiérarchie des thèmes
- un descriptif
- une liste d'objets



Musée royal de l'armée et d'histoire militaire

[Accueil](#)
[Visite Personnalisée](#)
[Partie Personnel](#)

Gérer les salles
Gérer les thèmes
Gérer les objets
Gérer les DA
Gérer les documents
Gérer les plans

Nom du thème

Type

☐ Thème général d'une salle
☐ Sous thème
☐ Parcours thématique au sein d'une salle

Appartenance

Descriptif

Objets

Objets disponible

Objets sélectionnés

Figure 6-5 Page de création d'un thème

Une fois le nom encodé, on peut voir apparaître trois types de thèmes : « thème général d'une salle », « sous-thème » et « parcours thématique au sein d'une salle ». En fonction du type choisi, la liste adéquate, située en dessous, se dégradera afin de définir l'emplacement du thème. Dans notre cas, cliquons sur « thème général d'une salle ». La liste contenant les noms de salles se dégrise donc. Pour l'instant elle ne contient qu'un nom puisqu'une seule salle existe (celle que nous venons de créer). Sélectionnons donc « les trésors de la Russie impériale ». Passons momentanément le descriptif qui sera détaillé juste après dans la sous-section 6.2.3. Il nous reste donc à enregistrer les objets liés à ce thème. Une nouvelle fois la liste des objets ne contient rien. Ceci n'est toutefois pas grave puisque, comme le thème général d'une salle peut être lié à une salle lorsqu'on encode la salle ou lorsqu'on encode le thème général, les liens thèmes-objets peuvent se faire à deux endroits différents, l'autre étant bien entendu dans la partie « Gérer les objets ». En situation normale, la liste de gauche afficherait tous les objets ne possédant pas de thèmes. Pour ajouter ou retirer des objets, rien de plus simple, il suffit de les faire passer d'une liste à l'autre.

Les sous-thèmes sont encodés de la même façon excepté qu'ils ne sont pas liés à une salle mais à un autre thème.

Les parcours thématiques correspondent à une séquence d'entités ordonnées en fonction de critères définis librement par le musée. Cette séquence fournit une source d'information historique supplémentaire. Ces critères peuvent être chronologiques, historiques, généalogiques,... Le visiteur sera par la suite guidé à travers cette liste d'objets et de thèmes. L'encodage à proprement parlé consistera à sélectionner une liste d'entités rangées par ordre de passage dans le parcours thématique.

6.2.3 Encodage d'un descriptif pour une entité

Lors de l'encodage d'un descriptif pour une entité, le même procédé est utilisé pour chaque type d'entités c'est-à-dire les objets, les thèmes et les données annexes. Comme nous avons expliqué lors de la conception logique de l'interface, les liens entre les entités (excepté les données annexes) se font via l'ajout de balise dans le texte. Voyons par un exemple comment cela se passe. Supposons que le texte fasse référence à un autre thème déjà encodé, en l'occurrence le « Bol à punch » comme le montre la figure 6-6.

Descriptif

Insérer le thème :

Liste des thèmes

Insérer l'objet

Bol à punch

Insérer le titre

Insérer un retour à la ligne

Cette peinture représente la bataille de Leipzig (17 octobre 1813 - 4 octobre selon le calendrier julien employé en Russie jusqu'en 1918). Cette bataille, perdue par Napoléon, amorce son déclin. La scène représente le moment où les trois souverains alliés contre l'empereur français, à savoir l'empereur de Russie Alexandre I, l'empereur d'Autriche François Ier et le roi de Prusse Frédéric-Guillaume III, sont menacés par une charge de la cavalerie française. Ils doivent leur salut à l'intervention des cosaques de la Garde. Au centre du tableau se trouve Efremov, colonel du régiment des cosaques. A gauche on trouve la cavalerie lourde française (les cuirassiers), au centre les cosaques avec leurs lances et leurs uniformes rouges, à droite les chevaux-légers bavares, alliés des Français. Le 17 octobre devient la date de la fête régimentaire des cosaques de la Garde, et l'est toujours de nos jours.

Remarquons que cette peinture est reprise sur le bol à punch en argent se trouvant dans cette salle

Après avoir choisi dans la liste des thèmes le thème voulu et appuyé sur « insérer le thème », une balise apparaît à la suite du texte.

uniformes rouges, à droite les chevaux-légers bavares, alliés des Français. Le 17 octobre devient la date de la fête régimentaire des cosaques de la Garde, et l'est toujours de nos jours.

<lien> Entite:Objet:82<lien>

Figure 6-6 Encodage d'un lien dans un descriptif

Lors de l’affichage pour le visiteur, cette balise est transformée en un lien du type « voir : ». On remarquera également que les données annexes ont été écrites en gras et placées dans un tableau à droite de l’écran.



Musée royal de l'armée et d'histoire militaire

Accueil
visite Personnalisée
Partie Personnel

Salle
Vitrine
Thème

Peinture de la bataille de Leipzig



Descriptif :

Cette peinture représente la bataille de Leipzig (17 octobre 1813 - 4 octobre selon le calendrier julien employé en **Russie** jusqu'en 1918). Cette bataille, perdue par **Napoléon**, amorce son déclin. La scène représente le moment où les trois souverains alliés, contre l'empereur français, à savoir l'empereur de **Russie** **Alexandre I**, l'empereur d'Autriche François 1er et le roi de **Prusse** Frédéric-Guillaume III, sont menacés par une charge de la cavalerie française. Ils doivent leur salut à l'intervention des cosaques de la Garde. Au centre du tableau se trouve Efremov, colonel du régiment des cosaques. A gauche on trouve la cavalerie lourde française (les cuirassiers), au centre les cosaques avec leurs lances et leurs uniformes rouges, à droite les chevaux-légers bava- rois, alliés des Français. Le 17 octobre devient la date de la fête régimentaire des cosaques de la Garde, et l'est toujours de nos jours.

Localisation :

Salle : "Les trésors de la Russie Impériale"

Cet objet n'est pas exposé dans une vitrine

Remarques

Remarquons que cette peinture est re- mise sur le bol à punch en argent se trouvant dans cette salle (voir : Bol à punch)

Figure 6-7 Résultat de l’encodage d’un descriptif

6.2.4 Encodage d’un objet

L’encodage des objets est également assez intuitif. Seule remarque par rapport aux autres modules : la possibilité de sélectionner un type à travers une arborescence de style Windows afin de pouvoir par la suite permettre aux visiteurs de consulter tous les objets d’un même type par exemple.

Nom de l'objet

Aigle d'étendard en argent du régiment des cosaques de l'Empereur

Type de l'objet

Armement

Armes à feu

Drapeaux

☒ Drapeau
☐ Fanion
☐ Flamme

Accessoires

Harnachement


Iconographie

Marine

Figure 6-8 Sélection d'un type d'objet

6.2.5 Encodage d'un plan

Une fois tous les objets de la salle encodés, nous pouvons passer à l'encodage du plan de la salle. Pour cela, l'utilisateur sélectionnera, sur un plan qu'il aura dû créer auparavant, les différentes zones correspondant aux vitrines et/ou objets exposés. Voyons cela en détails. Après avoir choisi le module « Gérer les plans » et cliquer sur le bouton « créer un nouveau plan », l'utilisateur verra s'afficher l'écran suivant :



Musée royal de l'armée et d'histoire militaire

Accueil

Visite Personnalisée

Partie Personnel

Gérer les salles

Gérer les thèmes

Gérer les objets

Gérer les DA

Gérer les documents

Gérer les plans

Type de plan

☐ Musée
☒ Salle

Plan de la salle

Salle :

Les trésors de la Russie Impériale

Fichier et emplacement des objets/vitrines

C:\Plan 1.jpg

Parcourir...

Placer les vitrines et les objets

Créer le plan

Figure 6-9 Création d'un plan

Il sélectionnera donc la salle pour laquelle il veut créer un plan, en l'occurrence la salle russe, ainsi que le fichier JPEG représentant le plan. Ensuite, il lui faudra placer les vitrines. Pour cela, il suffit de cliquer sur « Placer les vitrines et les objets » afin de faire apparaître la popup présentée sur les figures 6-10, 6-11 et 6-12.

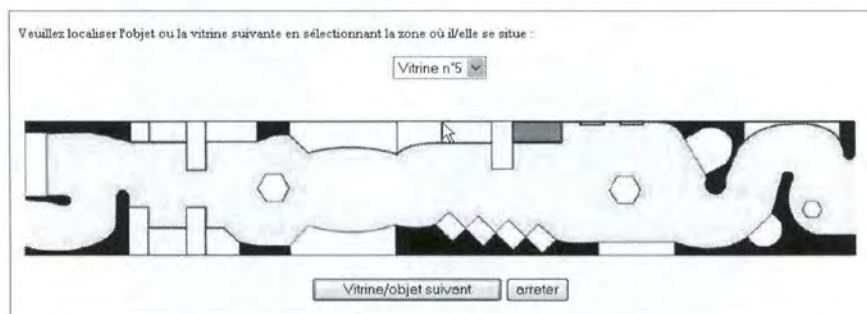


Figure 6-10 Placement d'une vitrine sur un plan (1)

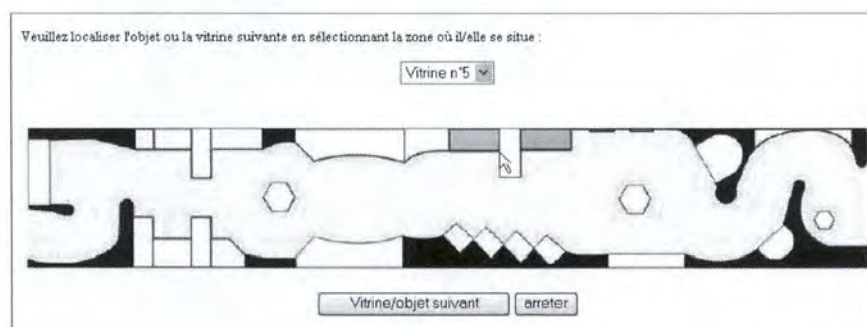


Figure 6-11 Placement d'une vitrine sur un plan (2)

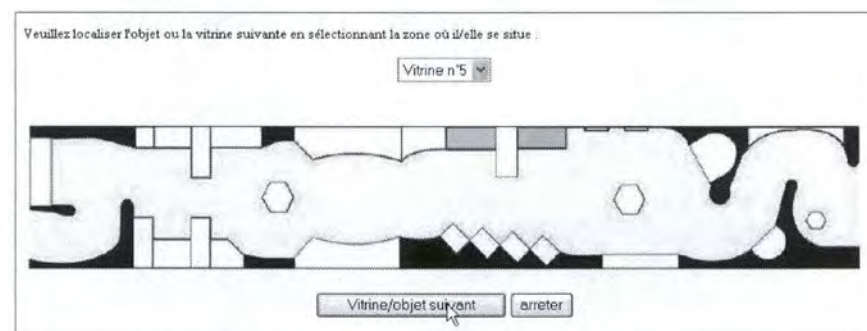


Figure 6-12 Placement d'une vitrine sur un plan (3)

Par facilité et par manque de temps, la seule forme possible pour désigner une zone est le rectangle. Cependant, il n'y a quasi aucune limite aux améliorations possible. Ainsi, les couleurs, les formes ou encore la création totale du plan pourrait être effectuée via le langage SVG dont les spécificités ont été abordées au chapitre 5.

6.2.6 Encodage des autres données

Il ne nous reste plus qu'à encoder les données annexes ainsi qu'à ajouter éventuellement des documents. Les interfaces finales respectant en tout point la conception logique, il est inutile d'y revenir.

Terminons cette partie en précisant que l'ordre d'encodage n'est là qu'à titre indicatif. Si des jobistes encodeurs sont employés, il serait peut-être préférable de créer les objets avant les thèmes. Ainsi, ces jobistes pourraient encoder la salle, les vitrines et les objets. Néanmoins, les objets devront être modifiés par les membres du personnel afin d'y introduire un descriptif plus fourni (en tenant compte que le jobiste l'aurait rempli avec les quelques phrases présentes sur les étiquettes des objets).

6.3 Le Site Web

Nous allons maintenant présenter l'application utilisée par le visiteur, que ce soit à domicile via Internet ou au musée via une borne interactive. Elle propose une fonction commune « visite classique » que nous commencerons par présenter. Nous montrerons ensuite comment effectuer une « visite personnalisée » via le site Web. Nous terminerons par la préparation de visite, fonction déclenchée via le site Web et qui a des répercussions sur le site accessible via le PDA.

6.3.1 Visite classique

Il s'agit de la partie classique d'un site Web à savoir une présentation de données. Lors de sa connexion avec notre site, une page d'accueil s'affichera sur l'ordinateur de l'utilisateur. Celle-ci lui permettra de sélectionner la langue de son choix et de commencer à naviguer à travers les salles. Elle est présentée à la figure 6-14.

Le diagramme de classes nous renseignait sur trois niveaux de plan. La page d'introduction présente le premier niveau de plan à savoir le plan général du musée. Elle permet aussi d'informer sur les types de visites possibles prises en charge par le système comme le montre la figure 6-13.

▼ Quel type de visite vous correspond?

- **Vous ne recherchez rien de bien particulier:** le plan présent ci-après vous permet de débiter une visite libre. Vous pouvez revenir à tout instant sur cette page grâce au bouton accueil de la barre de menu.
- **Vous cherchez des informations sur un sujet précis:** la visite personnalisée est faite pour vous. Pour cela, cliquez sur Visite Personnalisée dans la barre de menu.
- **Vous comptez vous rendre au musée prochainement:** enregistrez-vous et composez vous-même votre visite en choisissant les objets et thèmes qui vous intéressent.

Figure 6-13 Types de visites prises en charge par le système



Figure 6-14 Page d'accueil du site Web

La navigation mènera le visiteur sur des pages représentant des salles. Celles-ci comportent un tableau à gauche afin de faciliter la navigation. Ce tableau comprend la liste des salles ainsi que la liste des thèmes et des vitrines inhérents à cette salle. De même, un plan de la salle lui permettra de sélectionner des vitrines ou des objets de façon plus intuitive. Ce plan représente le deuxième niveau de plan à savoir les plans des salles.



Figure 6-15 Page d'accueil d'une salle

En ce qui concerne les thèmes et les objets, ceux-ci sont représentés de la façon suivante. Un texte explicatif contenant des références vers d'autres objets ou thèmes en rapport commence la page. Dans le cas d'un thème, toute l'arborescence du thème est affichée en dessous de ce texte et les objets du thème sont mis en évidence à l'aide d'un plan. Ensuite, la page reprend toutes les informations relative à l'entité c'est-à-dire les objets composant le thème, la photo de l'objet ainsi que sa localisation et une liste de document en rapport. Pour finir, l'objet ou le thème est complété par un tableau de données annexes en fonction des mots du descriptif. Le lecteur pourra se référer à la figure 6-7 pour avoir un exemple de page décrivant un objet. Pour un thème, un exemple de page est présenté dans la figure ci-après :



Figure 6-16 Page décrivant un thème

Enfin, pour les personnages, familles et autres données annexes, un simple texte explicatif ainsi que tous les objets, thèmes et autres données annexes en rapport avec l'entité sont affichés. Une donnée annexe est présentée dans une popup afin de ne pas perdre le lien vers la partie appelante c'est à dire l'entité à partir de laquelle on a demandé un complément d'information sur une donnée annexe.

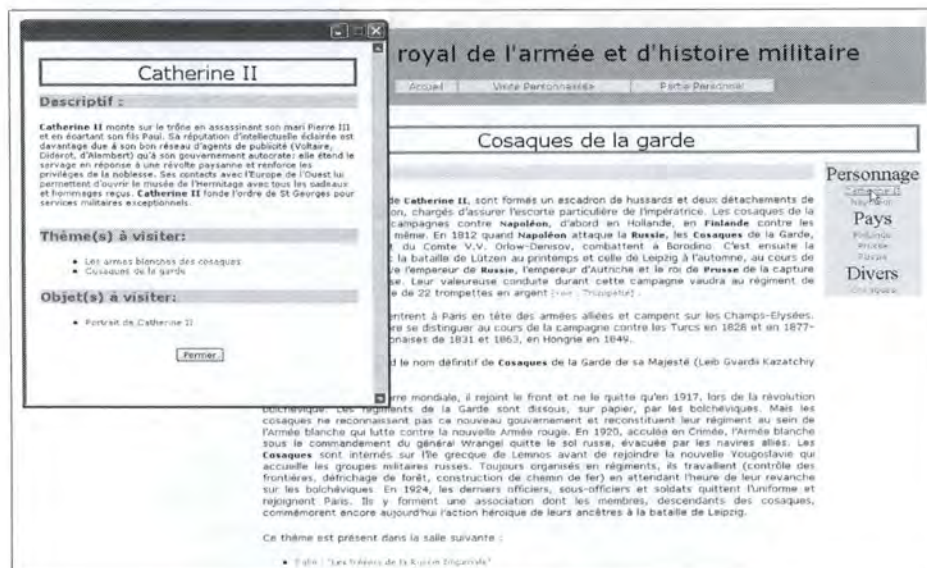


Figure 6-17 Page pour une donnée annexe

6.3.2 Visite personnalisée

Afin de pouvoir retrouver toutes les informations voulues comme par exemple tous les casques à pointes ou bien toutes les données concernant la Belgique, un système de recherche est nécessaire. Le visiteur définira un ensemble de critères parmi :

- les données annexes présentes dans la base de données
- les types et catégories d'objet disponibles
- des critères d'ordre chronologiques
- des mots-clés généraux

Afin de permettre au visiteur de personnaliser au maximum sa recherche, différents paramètres peuvent influencer les choix du visiteur. Il est en effet possible d'effectuer des recherches conjonctives ou disjonctives. Nous signifions par là que le visiteur pourra effectuer par exemple une recherche pour retrouver des informations mentionnant en même temps Mannerheim et la Finlande ou bien préférer que lui soient présentées toutes les informations parlant de Mannerheim fusionnées avec toutes les informations mentionnant la Finlande.

Les critères de dates sont introduits de manière similaire à l'encodage à savoir :

- JJ/MM/AAAA avec JJ compris dans [01,31] et MM compris dans [01,12]
- MM/AAAA
- AAAA

Les mots clés généraux seront mis en relation avec les noms de thèmes et d'objets présents dans la base de données et le visiteur pourra consulter le résultat de cette comparaison à savoir les thèmes et objets qui comportent dans leur titre les mots clés.

Par manque de temps, ce module de recherche n'est pas finalisé. Les principes décrits ci-dessus permettent néanmoins de se faire une idée du fonctionnement de cette recherche et de son intérêt auprès du système.

6.3.3 Visite préparée

Nous avons déjà émis la possibilité que le visiteur puisse préparer sa visite à l'avance en vue d'une visite effective au musée. Voici comment cela fonctionne en pratique. Le site Web lui permet tout d'abord de s'enregistrer. Ceci fait, le visiteur pourra construire à sa guise une liste de favoris. Pour cela, il effectuera une visite classique à travers le site et aura la possibilité, au fur et à mesure de sa navigation, de marquer tout objet ou thème. Cette liste d'objet ou thème servira par la suite à construire la visite préparée que le visiteur effectuera via son PDA.

L'enregistrement se fait lors de chaque validation afin d'éviter de perdre toutes données de l'utilisateur. Ce dernier peut cependant revoir à tout instant sa liste de favoris en retirant des objets et thèmes de la même manière qu'il les a choisis.



Figure 6-18 Ajout d'un thème dans la liste de favoris

6.4 Adaptation du site Web aux PDA

Cette section détaille l'adaptation du site Web pour les appareils portatifs de type PDA. Elle présente les informations en utilisant et en s'adaptant aux caractéristiques de ce type de machines, à savoir principalement la mobilité de l'utilisateur et le manque de place pour présenter les informations.

Dans cette optique, le visiteur se présente au musée et il lui est fourni un de ces appareils à partir duquel il peut se connecter à l'application. Il s'enregistre et peut commencer à effectuer sa visite. Précisons que c'est via cet appareil que le visiteur pourra concrètement effectuer la visite qu'il aura préparée chez lui en définissant ses favoris. Remarquons également que ces appareils sont utilisés en complément des bornes interactives disponibles dans le musée qui permettent de présenter une quantité d'information plus conséquente. Ces appareils permettent néanmoins au public d'être directement en contact avec les objets et une quantité d'information non négligeable. Il tient ensuite à celui-ci de se rendre aux bornes interactives pour approfondir les matières qui lui tiennent à cœur.

Afin de permettre au plus grand nombre de profiter des avantages des PDA, il est laissé à l'utilisateur le soin de choisir entre différents cas d'utilisations de celui-ci. Les utilisateurs choisissent à partir du menu principal comment agencer leur visite. Ici différents scénarios se détachent en fonction du profil de l'utilisateur. Ces différents cas d'utilisation seront précisés dans les sections suivantes.

6.4.1 Visite classique

La visite classique permet de consulter des informations sur les salles, les thèmes, les objets tel qu'il est possible de le faire sur le site Web. L'utilisation d'un PDA implique néanmoins certains changements au niveau de la présentation. Les descriptifs sont réduits par rapport à la version en ligne et ils ne sont plus analysés pour en retirer des données annexes.

6.4.2 Visite personnalisée

Afin de ne pas léser les personnes n'ayant pas préparé de visite et cherchant néanmoins des informations sur un sujet, les visiteurs peuvent effectuer une visite personnalisée en sélectionnant des critères de recherche. Ces critères peuvent être des dates, des catégories et types d'objet ainsi que des données annexes telles des personnages, des familles, des pays,...

6.4.3 Visite préparée

Pour les utilisateurs ayant préparé leur visite, le menu les invite à s'enregistrer et à débiter leur visite préparée. Après avoir sélectionné ses critères de visite, l'utilisateur peut commencer à visiter. Cette visite consiste en une succession d'étapes. A chacune de celles-ci, il pourra en savoir plus sur le thème ou l'objet qu'il consulte, comme une visite normale. A tout moment il peut continuer sa visite en passant à l'étape suivante. Les critères de visite sont détaillés ci-après ainsi que la manière de concevoir les étapes de visite.

Critères de visite

Afin de rendre la visite préparée compréhensible et cohérente, l'utilisateur peut choisir entre faire la visite « par objet favori » ou « par thème favori ». Cette distinction est opérée en raison des redondances qui peuvent apparaître lors du choix des favoris par un visiteur. En effet, supposons qu'un utilisateur ait pointé en favori le thème Mannerheim ainsi que des objets du thème Mannerheim. En consultant le thème Mannerheim, la logique veut que

l'utilisateur soit intéressé par l'ensemble des objets de ce thème. Il pourra donc ainsi consulter le thème dans sa totalité. Néanmoins, si certains objets avaient l'air de l'intéresser plus des d'autres, il pourra effectuer une visite par objet ne contenant que les objets pointés dans le thème Mannerheim.

Une distinction est encore faite dans le cas d'une visite par objet. Le visiteur aura la possibilité d'effectuer une visite par objets classés par thèmes ou par salles.

Conception des étapes de visite

Dans tous les cas, les favoris sont agencés de manière à faciliter la visite. Nous entendons par là qu'ils suivent une certaine logique à travers les salles. Cette logique se base sur des critères d'ordre thématique et liés à l'agencement même du musée. A partir de cette liste, des groupes sont créés afin de rassembler les objets ou les thèmes en fonction des critères de sélection du visiteur.

Voyons comment sont créées les étapes dans la visite par objet. Dans le cas d'un classement par thèmes, les étapes sont des groupes d'objets illustrant un même thème. Les thèmes ou étapes, sont classés suivant les salles qui en parlent. A l'intérieur d'une salle, ils sont classés de manière logique par rapport à l'agencement de celle-ci. Dans le cas d'un classement par salles, les objets sont d'abord groupés par salle. Au sein d'une même salle, ils sont groupés en fonction de leur appartenance à un même thème. Chaque étape de la visite consiste ici à visiter les objets favoris d'une même salle. Dans les deux cas, la suite de salles forme un parcours à l'intérieur du musée facilitant la visite de l'utilisateur. Ce parcours peut être modifié à souhait par les conservateurs. Par exemple, supposons que l'utilisateur choisisse comme objets favoris le casque de Mannerheim, sa tunique et une épée Cosaque. La visite consistera en deux étapes : la première reprendra le thème Mannerheim, son casque et sa tunique tandis que la deuxième reprendra le thème Cosaque et l'épée.

Pour une visite par thème, il s'agit de gérer correctement les niveaux d'imbrications des thèmes et de ne présenter à l'utilisateur que ce qui l'intéresse vraiment. S'il pointe comme favori un thème de haut niveau, il est très probablement intéressé par tous les sous-niveaux qui composent le thème. Par contre, s'il pointe un thème de bas niveau, il n'est intéressé que par un point particulier d'un thème plus général. S'il pointe un thème et un ou plusieurs de ses sous thèmes, il sera intéressé d'avoir le thème général limité à un sous-ensemble de ses sous thèmes. Les thèmes sont donc classés suivant cette optique. Supposons ici que l'utilisateur choisisse comme thèmes favoris « Mannerheim » et « les cosaques et les cosaques de la garde ». La visite consistera en deux étapes : la première reprendra « Mannerheim » et tous ses sous thèmes et la deuxième reprendra le thème « les cosaques » limité au sous thème « les cosaques de la garde ».

Illustrons également ces principes par un exemple graphique (figure 6-19) ainsi que sur un exemple concret de l'application (figure 6-20). Dans l'exemple graphique, la colonne de gauche reprend des objets favoris d'un visiteur tandis que la colonne de droite reprend ses thèmes favoris. Dans ce cas-ci, le visiteur a décidé de faire une visite par objets classés par salles. Chaque objet est donc associé à une salle et ces salles sont ensuite classées en fonction du parcours choisi par les conservateurs. Nous avons les étapes d'une visite par objet. Si le visiteur veut ensuite faire une visite par thèmes, les thèmes correspondant à un même sur-thème sont groupés. Nous avons donc les groupes « Thème 7 » et « Thème 8 ». Le thème 6 est seul, il constitue donc un groupe à lui tout seul. Le thème 7 ne sert plus à rien vu que

l'utilisateur a pointés en favoris des sous-thèmes de ce thème à savoir les thèmes 1,3 et 5. Ces groupes sont ensuite classés en fonction du parcours des salles et de l'agencement interne des salles. Nous avons les étapes d'une visite par thème.

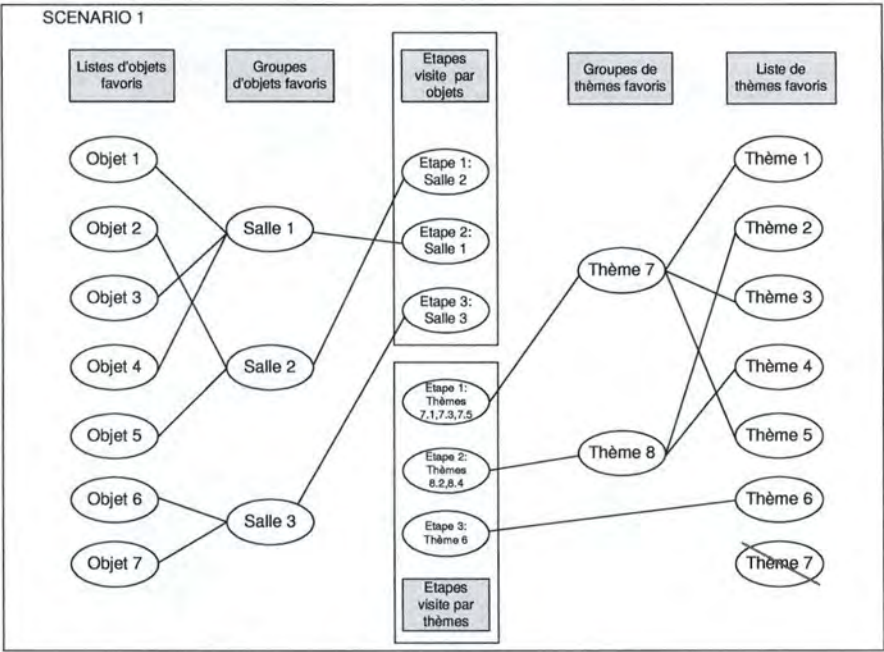


Figure 6-19 Scénario de visite préparée

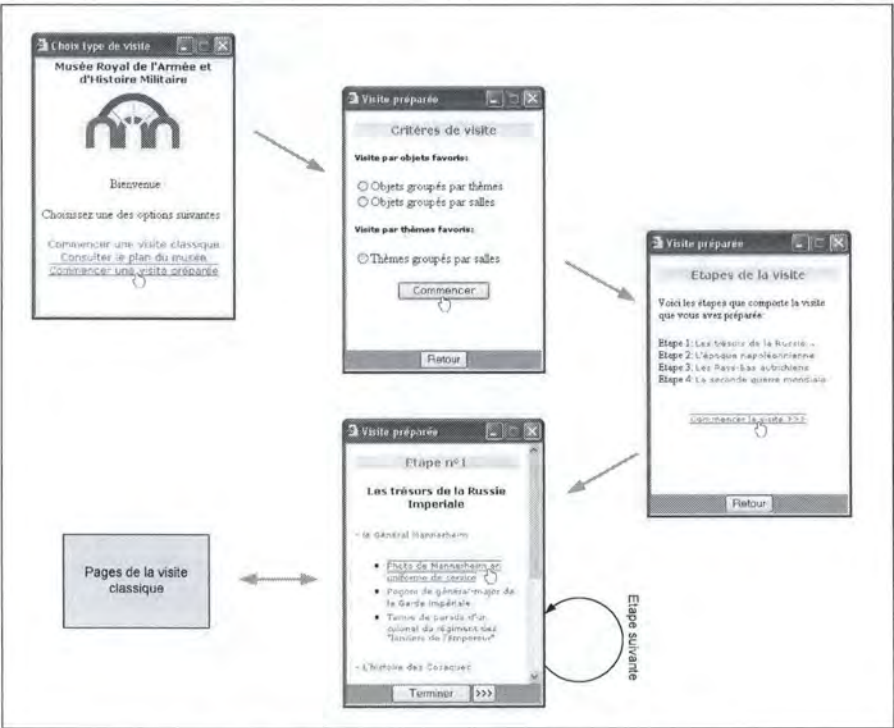


Figure 6-20 Exemple concret de visite préparée

Chapitre 7: Extensions au système proposé

La partie précédente s'est attachée à présenter une solution informatique aux problèmes posés lors du chapitre 1. Il serait intéressant de voir quelles fonctionnalités non présentes dans cette solution pourraient être ajoutées relativement facilement sans introduire de gros bouleversements, au contraire des perspectives dont nous parlerons au sein des chapitres suivants.

7.1 Support multi langues

Nous avons plusieurs fois abordé le problème linguistique. Un lecteur attentif pourrait donc se demander pourquoi le système mis en place n'a pas l'air de prendre en charge plusieurs langues. En réalité, le système le prend en charge mais le module d'encodage correspondant n'a pas été implémenté. Ainsi, les données seront accessibles au visiteur en plusieurs langues pour peu que l'on traduise les informations encodées. Les textes fixes présents dans les pages HTML se doivent également d'être traduits. En effet, lors de la vision d'une page, des données provenant de la base de données (et donc encodées par le personnel) ainsi que des phrases d'accueil sont affichées. Par exemple, le mot « bienvenue » se trouve dans les pages et non pas en base de données. Il nécessitera donc d'être traduit en plusieurs langues tout en étant lié à celle-ci. Pour cela, deux solutions sont possibles. Soit chaque phrase présente dans le code HTML est traduite au sein même de la page, solution qui présente un manque flagrant de flexibilité, soit ces phrases sont présentes dans des fichiers séparés. La deuxième solution permettrait de construire un module de traduction pour les deux types de données. Un fichier, XML par exemple, pour chaque langue reprendrait toutes les phrases de présentation du site et il ne faudrait plus qu'introduire un nouveau fichier de phrases traduites pour intégrer une nouvelle langue.

Présentons brièvement comment le module de traduction pourrait être mis en œuvre. Les données devant être encodées en plusieurs langues pourraient l'être directement dans les modules existants. Par exemple, lors de la création d'une salle, le nom pourrait être directement saisi en plusieurs langues. Il va de soi que toutes les informations ne devront pas être à nouveau encodées. Ainsi, dans ce même cas, la liste des vitrines et des objets ne devrait pas être à nouveau encodée. De même, les traitements automatiques sur les descriptifs ne devront pas être effectués à nouveau. Cependant, cette solution a le désavantage de ne pas pouvoir déterminer directement les données qui n'ont pas encore été traduites dans une langue donnée. C'est pourquoi, cette solution pourrait être avantageusement couplée avec un module autonome permettant de soustraire ce qu'il reste à traduire en fonction d'une langue. Le module prendrait comme paramètre deux langues, une langue d'origine dans laquelle seraient présentées les données à traduire et une seconde langue de destination dans laquelle les données seraient traduites. Le module se présenterait sous la forme d'un double tableau reprenant d'un côté les données à traduire et de l'autre des formulaires de remplissage afin de fournir les traductions des données.

Un dernier point n'a pas encore été soulevé. Les documents peuvent également être traduits. Un sous module du module « Gérer les documents » pourrait donc voir le jour. Il consisterait à retranscrire les vidéos ou les sons dans les différents langages choisis.

7.2 Absorption du système actuel

Le but du mémoire était principalement de réaliser une application permettant au musée de présenter de l'information aux visiteurs afin d'accroître l'interactivité. D'autre part, nous avons souligné la faiblesse du système actuel, c'est-à-dire une base de données servant d'inventaire, surtout au niveau interface graphique. De plus, la coexistence de deux systèmes d'informations n'est ni nécessaire et ni souhaitable. On pourrait donc imaginer supprimer le système existant en l'intégrant dans le notre. Ceci aurait pour conséquence de nous obliger à revoir le schéma de notre base de données ainsi que le système d'encodage. Cependant, nous pouvons rapidement nous rendre compte que seule la table « Objet » devra être modifiée. Elle aura de nouveaux attributs comme le numéro d'inventaire, la provenance, les dimensions, l'état de conservation,... De même, l'interfaçage entre ces deux nouveaux modules (un pour l'encodage de l'inventaire et un pour l'encodage des informations pour les visiteurs) serait assez aisé et pourrait même faciliter l'introduction de données en général. Ainsi, une partie administrateur pourrait accéder et permettre l'encodage, dans un autre langage de programmation peut-être, des données de type « noms d'objets », « numéro d'inventaire », « provenance », « type d'objets »,... tandis qu'une autre, celle actuellement développée, permettrait l'encodage des thèmes, des salles, des textes, etc.

L'emploi de deux programmes différents pourrait également trouver une justification dans le fait que peu d'employés du musée devront avoir accès à la partie administrateur pour la visite.

L'inventaire actuel se trouve dans une base de donnée FileMaker. FileMaker utilise la spécification XML pour tout échange de données standardisées avec d'autres applications. L'inventaire pourrait donc être exporté vers des fichiers XML qui seront ensuite parcourus pour être réintroduits dans la base de données MySQL du nouveau système. FileMaker utilise deux fichiers de DTD qui permettent de réutiliser les données extraites de la base.

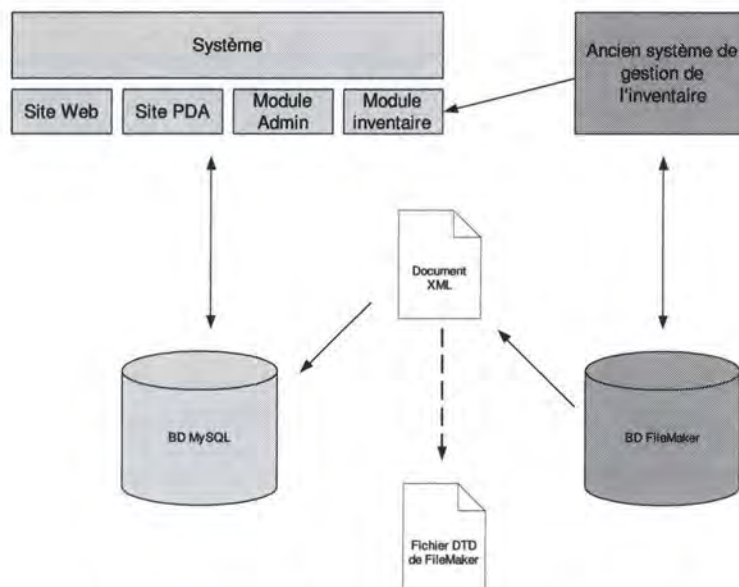


Figure 7-1 Intégration du système de gestion de l'inventaire

Une autre solution, serait de tout simplement ajouter l'encodage des anciennes parties dans nos interfaces de création et de modification d'objet.

7.3 Etude de marché

L'utilisation d'un site Internet peut mener à de nouvelles fonctions qui pourraient s'avérer utiles pour le musée. Ainsi, celui-ci n'a jamais réalisé d'étude de marché, ce qui lui est problématique. En effet, les visiteurs étant de plus en plus perçus comme des clients à part entière, il est primordial d'abord de connaître le client afin de lui fournir le meilleur service. Pourtant, le système proposé permettrait d'en réaliser facilement. Dors et déjà, l'emploi de visites préparées à l'avance à l'aide de listes de favoris permet de connaître les préférences des férus d'histoire (en faisant l'hypothèse que seul les férus d'histoire utiliseront cette fonctionnalité). D'autre part, il pourrait être intéressant de voir les préférences des visiteurs occasionnels du musée. Pour ce faire, le langage PHP permet facilement de calculer le nombre de personnes ayant visités une page particulière. La durée durant laquelle ces personnes restent sur la page peut également souligner l'attrait pour certaines pièces. Couplé éventuellement à une saisie de données d'identification au départ de la visite, il est potentiellement possible de produire un grand nombre de données statistiques à partir du système.

7.4 Création de plan de vitrines

Nous avons montré dans le chapitre 6 comment les plans des salles étaient créés dans le système mis en place. Pour rappel, des zones représentant les vitrines ou les objets étaient sélectionnées sur une image JPEG représentant la salle. Par après, cette image était présentée au visiteur avec en superposition les zones définies. Nous avons précisé que cette solution possédait le désavantage de permettre uniquement la définition de zone rectangulaire tout en précisant que d'autres formes pouvaient être créées. Cependant, ce système, admissible dans le cadre de la création d'un plan d'une salle, n'est pas adapté au caractère parfois changeant des configurations de vitrines et donc des plans. En effet, la sélection de zones correspondant aux objets sur l'image d'une vitrine obtenue à l'aide d'une photo est une solution beaucoup trop rigide. Lors de chaque aménagement d'une vitrine, une nouvelle photo devrait être prise. Une autre solution doit donc être envisagée. Malheureusement, le temps nous a manqué et nous ne présenterons ici qu'une méthode permettant de créer les plans des vitrines ainsi qu'un exemple concret pour illustrer nos propos.

Premièrement, une « maquette » de la vitrine vide devrait être réalisée. Cette étape nous fournirait une image de la vitrine en deux dimensions, sauvegardée en JPEG ou en SVG. Cette étape serait préliminaire à l'encodage du plan proprement dit et devrait être réalisée via un logiciel de dessin. Cette étape pourrait apparaître fastidieuse de premier abord mais il sera possible de réutiliser des maquettes de vitrines créées précédemment, de nombreuses vitrines étant sensiblement semblables. Précisons que l'emploi d'un programme de dessin plutôt qu'un autre n'a pas d'influence dans le cas d'une vitrine. Par contre, la représentation des plans de salle pourrait être facilitée par l'utilisation d'un programme de dessin vectoriel. En

effet, une zone sélectionnable serait assimilée à une forme SVG³⁰. Cela apporterait une réponse au problème relevé dans le système actuel qui limite les formes possibles des vitrines à des rectangles. De la sorte, l'utilisateur devrait non plus sélectionner une zone en dessinant un rectangle mais tout simplement cliquer sur la forme adéquate.

Une fois le dessin de la vitrine réalisé, les objets, dont les dimensions auront été préalablement encodées en base de données, pourront être placés un à un sur le plan à l'aide d'un simple clic à un endroit précis du plan. L'image de l'objet, réduite aux dimensions de l'objet, sera alors insérée à l'endroit désigné.

Il est important de mentionner que lors de chaque suppression d'une vitrine dans une salle ou d'un objet dans une vitrine, le plan correspondant doit être mis à jour automatiquement. Un fichier SVG, en tant que grammaire XML, a la possibilité d'être parcouru afin de retirer toutes formes ou informations obsolètes par analyse des balises rencontrées. En cas de mauvais placement ou de réaménagement d'une vitrine, la modification de la position d'un objet se réalisera ainsi facilement.

Pogonî de général-major de la Garde impériale



Figure 7-2 Exemple de plan de vitrines en SVG

³⁰ Rappelons qu'un dessin SVG est constitué de formes et non pas de pixels.

Chapitre 8: Analyse des coûts

Nous avons jugé important de spécifier les coûts pour l'adoption d'un tel système. Cette analyse permet de se faire une première idée ; elle n'a pas la prétention d'être une analyse en profondeur. Voici donc une première estimation des coûts humains et matériels.

8.1 Coût matériel

Il est possible d'investir par paliers pour profiter de l'application. Il convient toutefois de garder à l'esprit que pour profiter de toutes les fonctionnalités offertes et de proposer aux visiteurs une visite optimale, il est nécessaire d'investir, et dans des bornes, et dans des ordinateurs de poche. Les coûts matériels ne se résument pas à ces simples appareils mais englobent aussi l'infrastructure à mettre en place autour.

Certaines salles du musée sont plus propices à l'installation de cette infrastructure. En effet, certaines salles bénéficient déjà d'un certain aménagement au niveau des câbles et connexions nécessaires au fonctionnement du système.

Outre cela, la mise en place de l'application nécessite un travail d'encodage qui ne peut pas être réalisé du jour au lendemain. Des salles pourront donc bénéficier en premier lieu de l'application quand d'autres seront encore à un stade moins avancé.

Le musée prépare actuellement une nouvelle exposition relative aux grands conflits du 20^{ème} siècle dans la halle Bordiau. Cette exposition nous paraît être une bonne opportunité pour exploiter l'application dans un premier temps. Les mémorants [JBL 2002] ayant travaillé l'année passée sur le projet avaient pris comme exemple une des salles de l'exposition. Ils ne pouvaient néanmoins pas disposer d'informations cohérentes et complètes par rapport à cette salle étant donné que l'exposition n'était pas encore finalisée. Cette idée nous amène à présenter une première analyse de coût matériel.

8.1.1 Premier palier

Une première approche serait d'équiper l'exposition d'une ou plusieurs bornes permettant de consulter en ligne le site Web. La halle Bordiau est déjà équipée des connexions nécessaires quant à la mise en place de ses bornes. Le coût matériel se résumerait dans ce cas à l'achat de la borne en elle-même.

La borne devra permettre principalement d'héberger un navigateur Web. Il peut donc s'agir d'un ordinateur de type PC ou Mac muni d'un système d'exploitation de type Windows ou à base Unix (Mac OS, Linux). Les caractéristiques techniques de la borne devront être suffisantes afin de faire tourner le navigateur. La borne sera munie d'une carte permettant la connexion au réseau interne du musée, d'un écran, d'une souris et d'un clavier.

Etant donné que le musée est équipé de machine de type Mac, la borne pourrait être une machine iMac classique dont le prix est proche de 1000€ totalement équipé³¹. Si le musée décide de se diriger vers une solution de type Pc, le prix de la borne totalement équipée devrait se situer également au environ de 1000€ ou même moins cher. Le musée dispose de licences afin de faire tourner les systèmes d'exploitation et les autres programmes nécessaires au fonctionnement de l'application et aucun coût au niveau software ne devrait venir s'ajouter au prix de la borne.

8.1.2 Deuxième palier

Une seconde étape serait de passer à un système intégrant un réseau sans fil ainsi que l'utilisation d'un certain nombre d'ordinateurs de poche de type PDA. Pour un début, une dizaine de PDA seraient suffisants pour exploiter l'application. La fonction primordiale devant être intégrée dans le PDA est la fonction de lecture de pages Web. Cette fonction ne nécessite pas un appareil très sophistiqué et est intégrée dans la majorité des modèles présents sur le marché qui tourne via Windows CE (PDA de type Pocket PC) ou via Palm OS. La fourchette de prix pour un PDA est entre 500€ et 750€. En considérant que le musée se dote d'une dizaine d'appareils, il faut donc considérer un coût global pour les appareils entre 5000€ et 8000€ sans compter les frais d'installation d'un réseau sans fil.

Comme suggéré dans [JBL2002], une autre solution est envisageable. Il s'agit de l'externalisation, autrement dit confier à une société extérieure la gestion de la solution matérielle du musée. Cette solution est réalisable pour les appareils portatifs ainsi que leurs périphériques de communication avec le réseau du musée. Cette solution permet de se décharger de la maintenance et de la modernisation de ce genre de matériel.

8.1.3 Troisième palier

Les phases ultérieures consisteraient à augmenter le nombre de bornes et de PDA et à arriver à couvrir le plus de salles possible dans le musée.

Dans tous les cas, le musée doit se munir d'un serveur interne afin d'héberger l'application à faire tourner sur le PDA ainsi que la base de données. Néanmoins, le musée possède déjà ce type de serveur et nous ne considérons pas ce serveur comme un coût induit par la mise en place du système.

Pour le site Web, il n'y a pas de frais supplémentaires étant donné que le musée possède déjà un site Web et un serveur l'hébergeant.

Enfin, au niveau des logiciels utilisés pour réaliser l'application, aucun frais supplémentaire n'est à prendre en compte étant donné que nous utilisons des logiciels gratuits.

³¹ Les derniers produits Apple peuvent être consultés www.apple.com/hardware/

8.2 Coût humain

Il est évident que l'encodage objet par objet comme nous l'avons effectué n'est pas réalisable à court terme à l'échelle du musée. Il en résulterait un travail d'encodage considérable de la part du musée. Cette solution pourrait néanmoins être envisagée à long terme une fois que le système sera bien en place dans une partie du musée. Toutefois, certaines salles comme la salle Russe s'y prêtant peuvent être entièrement réalisées de la sorte.

Une solution intermédiaire consisterait à encoder des objets « vitrines ». Nous entendons par là que le dernier niveau de descriptifs concorderait avec les vitrines et qu'il n'y aurait pas d'information particulière pour chaque objet dans la vitrine. Cela limiterait le travail d'encodage pour des salles qui présentent une multitude d'objets peu ordonnés et présenterait l'avantage de pouvoir malgré tout exploiter l'application.

Rappelons que la création virtuelle d'une salle nécessite deux phases. Dans un premier temps, il faut analyser tous les thèmes, toutes les données annexes présentes ainsi que les divers liens historiques et parcours thématiques au sein de la pièce. Ensuite, il faut encoder tous les thèmes, objets et données annexes avec leur descriptif. Voici une estimation pour la salle russe :

- Première phase : une semaine pour une personne.
- Deuxième phase : encodage des données sans les descriptifs (300 objets, 29 vitrines, 40 thèmes) : deux semaines pour deux personnes + création et encodage des textes : un mois pour un historien

PARTIE III

Perspectives

Chapitre 9: Exploiter la position du visiteur

Nous allons discuter au sein de ce chapitre la manière d'exploiter la position du visiteur afin de lui fournir un service amélioré. Nous commencerons par préciser ce que peut apporter un système de positionnement en enchaînant sur les technologies disponibles afin de pouvoir mettre en œuvre un tel système. Chaque technologie sera complétée, tant que faire se peut, par des exemples concrets de notre domaine d'application.

9.1 Intérêt d'un module de positionnement

Globalement, ce qui intéresse le visiteur est fortement lié à son environnement physique proche. Pouvoir connaître précisément cet environnement permettrait de fournir au visiteur la représentation de cet environnement et les informations qui y sont liées afin qu'il puisse implicitement trouver la réponse à la question « où suis-je et qu'est-ce que je suis en train de regarder ? ».

L'intégration d'un module de positionnement permettrait de connaître à tout moment la position du visiteur dans le musée. Une première utilisation de ces coordonnées serait d'indiquer au visiteur sa position exacte dans le musée. Mais l'intérêt principal d'un tel système est de rendre la visite réellement guidée.

Un module de positionnement doit nous renseigner sur tout changement de position d'un visiteur. Certains changements de position sont néanmoins plus pertinents dans le cadre d'une visite guidée. Il s'agit des transitions entre salles et, au sein d'une salle, entre vitrines. Le visiteur changeant de salle serait directement informé, sur son appareil portable, de la salle dans laquelle il entre et sur les vitrines devant lesquelles il se positionne. Chaque changement de salle pourrait être ainsi agrémenté d'une vidéo ou d'un extrait issu d'un module de synthèse vocale, chaque changement de vitrine pourrait entraîner le changement du plan de la vitrine sur l'appareil,...

9.2 Technologies disponibles

Nous vous présenterons dans cette section l'ensemble des technologies disponibles permettant d'exploiter des mesures de position afin de fournir un service amélioré au visiteur. Nous commençons par présenter la technologie infrarouge. Nous poursuivrons cette section en présentant les systèmes de positionnement par satellites qui, même s'ils ne représentent pas à l'heure actuelle une technologie exploitable dans le cadre d'un musée, pourraient devenir à long terme une alternative intéressante. Nous compléterons cette section en précisant ce que pourraient apporter les réseaux locaux à ondes radio de type Wi-fi dont nous avons parlé dans le chapitre 2. Nous achèverons en précisant le rôle que pourraient jouer les réseaux de téléphonie mobile en tant qu'aide à la localisation.

9.2.1 L'infrarouge

Rappels théoriques

Tout corps ayant dépassé le zéro absolu émet des rayonnements pour dissiper une partie de son énergie. Ces rayonnements sont tous de même nature : ils forment la vaste famille des rayonnements électromagnétiques représentés par le spectre électromagnétique de la figure 9-1.

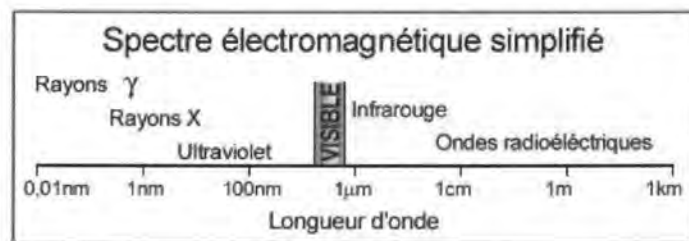


Figure 9-1 Spectre électromagnétique

Tout corps émet donc de la lumière mais pas sous la forme commune. Un corps émet d'autres types de lumières insensibles à l'œil qui n'est lui sensible qu'à une gamme d'énergie particulière (1,5 à 4 électronvolts) du spectre lumineux, qui correspond aux couleurs allant du rouge au bleu. Ce spectre est en fait constitué, d'une part d'onde radio, de micro-onde, et d'infrarouge pour les énergies inférieures à celles du spectre visible, et d'autre part d'ultraviolet, de rayons X et de rayons gamma pour les énergies supérieures à celles du spectre visible. Les signaux d'énergies inférieures ont une longueur d'onde plus grande et inversement.

Le type de lumière émise dépend de la température du corps. Mais tout corps émet néanmoins un certain type de lumière : les rayons infrarouges. Ils se propagent sous forme de chaleur. Une caméra infrarouge par exemple en analysant le degré de lumière infrarouge émise par un corps, donne une mesure de la température d'un corps. Un corps chaud émettra donc plus de lumière infrarouge.

Les rayons infrarouges vont être utilisés afin de faire circuler de l'information. A partir d'une diode électroluminescence servant d'émetteur, des signaux infrarouges vont être envoyés et captés par une photodiode servant de récepteur. Les signaux infrarouges peuvent soit être de même longueur d'onde et envoyés sous forme de code, soit de longueur d'onde différentes, chaque longueur d'onde ayant sa signification.

Le protocole IrDA

L'IrDA, abréviation de Infrared Data Association, est une organisation industrielle de constructeurs d'ordinateurs, de composants et de matériels de télécommunication qui s'occupe de définir des normes de communication à base d'infrarouge. Cette entité est à la base du protocole IrDA, standard de transmission de données par infrarouge, largement répandu actuellement dans le monde informatique pour tout échange de données entre périphériques.

Le protocole IrDA est un mode de communication « point à point » dont la première version parue en juin 1994 autorisait un taux de transfert de 115 kbits/s. D'autres versions se

sont succédées, à 1.152 mbits/s et 4 mbits/s. Enfin, la dernière spécification a été définie en janvier 1999 et permet d'atteindre un taux de transfert de 16 mbits/s. Il est à noter que pour notre utilisation, le taux de transfert n'est pas un facteur primordial étant donné que les informations échangées sont des positions pouvant être codées sur un petit nombre de bits. La portée d'une liaison infrarouge est limitée généralement à quelques mètres.

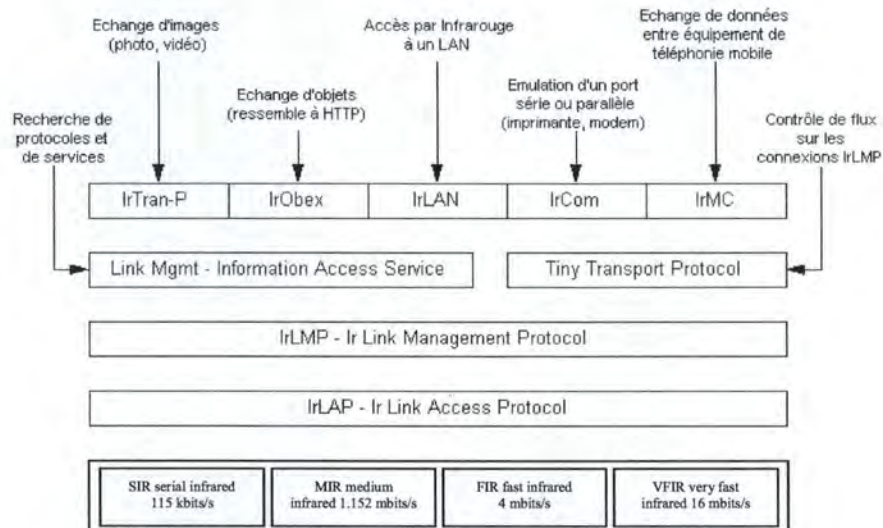


Figure 9-2 L'architecture du protocole irDA

L'architecture du protocole irDA est présentée à la figure 9-2. Le protocole irDA est un ensemble de protocoles dont les plus importants sont :

- le protocole de la couche physique qui définit des caractéristiques telles que la directionnalité du signal, les débits, les distance de transmission, ...
- le protocole irLAP qui définit l'établissement d'une connexion par infrarouge entre équipements.
- Le protocole irLMP qui gère le multiplexage des informations sur plusieurs canaux.

Utilisation dans le cadre d'un musée

Nous présentons ici les grandes idées d'un système de positionnement par infrarouge, tel que nous le voyons et tel qu'il est monté dans des projets de guide de musée, comme nous le verrons.

Un système de positionnement infrarouge typique est composé d'émetteurs et de récepteurs. Le rôle d'émetteur sera joué par des dispositifs accrochés au plafond des salles envoyant continuellement un signal d'une certaine longueur d'onde. Les récepteurs seront les ports infrarouges des appareils portatifs, inclus dans la plupart des modèles sur le marché. Le visiteur passera sous un émetteur dont le signal sera capté par l'appareil portatif qui l'analysera et qui, en fonction de la longueur d'onde captée ou du code reçu, pourra définir la position du visiteur et ainsi faire une requête d'informations au serveur via le réseau sans fil du musée (type Wi-Fi).

La portée d'un système par infrarouge étant limitée, se pose la question de savoir comment le mettre en place un tel système dans des grands espaces où la zone à couvrir est très importante. En temps que connexion « point à point », se pose aussi le problème de couverture du signal, autrement dit si l'appareil portatif recevra bien le signal dans une position où il est censé le recevoir. Alors qu'une communication infrarouge habituelle entre périphérique utilise un faisceau unique dirigé dans une certaine position, il faudrait ici envisager un faisceau diffus afin de couvrir une zone plus large, principalement dans le cas d'une analyse de position par salle. En effet, le signal pourrait correspondre à une salle pour renseigner le visiteur sur sa position et sur des informations liées à la salle, auquel cas un rayon diffus serait plus judicieux. Dans cette situation, il serait préférable de choisir un rayon direct étant donné le faible écart entre les vitrines. La figure 9-3 permet de se faire une idée sur la manière d'envoyer le signal.

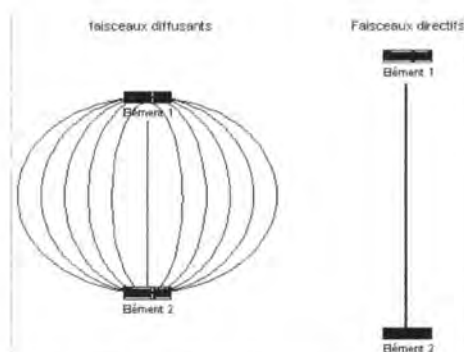


Figure 9-3 Faisceau diffus contre faisceau direct

La suite des sections présentent un certains nombres de projets mettant en œuvre des systèmes de positionnement basés sur l'infrarouge.

Le musée des instruments de musique³²

Le musée des instruments de musique de Bruxelles utilise dans sa visite un système basé sur des écouteurs infrarouges reliés à des croissants bipolaires suspendu aux plafonds de l'exposition. Lorsqu'un visiteur se positionne devant une certaine vitrine, le casque capte le signal et en fonction de celui ci, l'instrument de musique correspondant à la vitrine se met à jouer dans son casque. Cependant, certains problèmes liés à la précision du positionnement du visiteur viennent entacher le système. En effet, l'instrument présent dans une vitrine voisine est parfois joué en place de l'instrument adéquat en raison du faible écart entre les vitrines (et donc entre leurs signaux).

Le projet « Cyberguide »

Cyberguide est un projet lancé par l'institut des technologies de Géorgie afin de montrer comment les appareils portables peuvent être utilisés dans l'exploration d'espaces physiques et virtuels [CYBERGUIDE 96]. Des prototypes de guides touristiques ont été

³² Les informations sont tirées de [MIM 2000]. Par ailleurs, le site du musée des instruments de musique est disponible à l'adresse <http://www.mim.fgov.be/>

construits et se basent sur des informations contextuelles, comme la position ou l'orientation du visiteur, afin de fournir des informations aux touristes.

Deux versions ont été implémentées, une version « intérieure » et une version « extérieure ». Nous nous intéresserons ici qu'à la première version.

L'architecture du Cyberguide est composée d'un ensemble de modules fournissant des services particuliers :

- Module cartographie (Mapping)
- Module librairie (Information)
- Module navigation (Positionnement)
- Module message (Communications)

Dans notre cas, seul le module de navigation nous intéresse. Il est chargé de fournir des informations précises sur la localisation et l'orientation d'un touriste dans son environnement physique. La solution adoptée pour le système de positionnement intérieur fût d'utiliser l'infrarouge. Le système est basé sur l'utilisation de télécommandes de télévision jouant le rôle de dispositifs actifs et d'un récepteur infrarouge spécial réglé sur la fréquence de ces télécommandes. De plus, un « microcontrôleur » joue le rôle d'interface entre le port série de l'appareil portatif (ici un Apple MessagePad) et le récepteur infrarouge. Ces composants sont représentés à la figure 9-4.

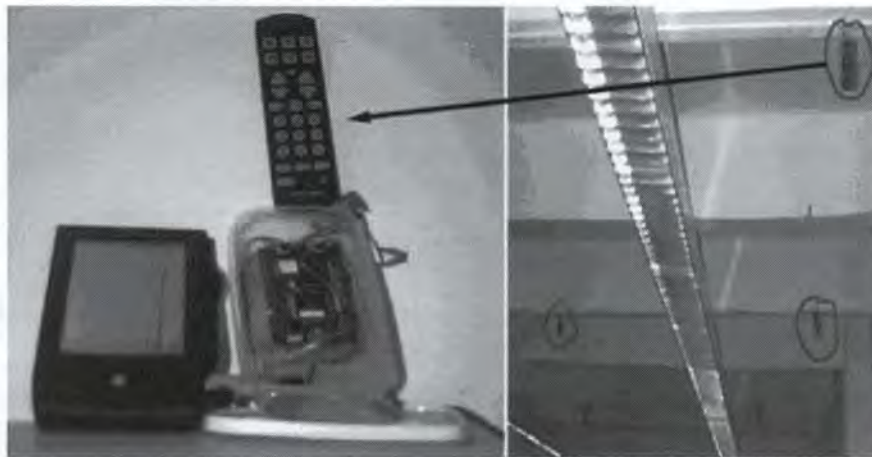


Figure 9-4 Prototype à base d'IR (gauche) et dispositifs de positionnement (droite)

Les télécommandes sont pendues à intervalles réguliers au plafond de la pièce, comme le montre la figure 9-4, et jouent le rôle de dispositifs de position en envoyant constamment un signal selon un pattern unique. Le récepteur intercepte le signal infrarouge d'une télécommande qui est transformé en un identifiant unique et envoyé sur le port série du MessagePad.

Quand un touriste se promène dans la pièce et arrive dans la lignée d'une des télécommandes, sa position et son orientation, définie en fonction de la dernière position captée, sont mises à jour sur la carte de son MessagePad.

HIPS (Hyper Interaction within Physical Space)

HIPS est un projet lancé par la Commission européenne via l'initiative i-Cube dont l'objectif est de développer de nouveaux paradigmes d'interaction qui associent espaces informationnels et espaces physiques [HIPS 97]. Concrètement, ce projet mène à la création d'un guide touristique permettant à des visiteurs d'un musée ou d'une ville de profiter en même temps de l'espace physique et d'informations contextuelles et personnalisées. HIPS est capable de détecter la position du visiteur à tout moment afin de personnaliser les informations contextuelles. D'un point de vue technique, HIPS utilisera les technologies infrarouge, radio et GPS.

CoolTown³³

Le projet CoolTown [COOLTOWN] matérialise la vision du futur telle que perçue par Hewlett-Packard. Elle consiste en un vaste projet dans de nombreux domaines dont un nous intéresse particulièrement : c'est le CoolTown Museum.

Le principe de ce musée « virtuel » est de fournir aux visiteurs une visite orientée Web à l'aide de dispositifs émetteurs. Ces dispositifs sont des appareils servant à faire le lien entre le monde physique et sa représentation Web. Ils peuvent être placés à des endroits précis comme à proximité d'un objet afin de le représenter. Un dispositif envoie une chaîne de caractères environ toutes les trois secondes. Cette chaîne contient généralement l'Url de l'objet ou du lieu qui est associé au dispositif. Un appareil captera le signal lorsqu'il est dans la lignée du dispositif et mettra à la disposition de l'utilisateur la page liée au lieu ou à l'objet. L'Url pourra être stockée dans la mémoire de l'appareil et par la suite envoyée sur un PC ou un autre dispositif afin de pouvoir fournir un service à l'utilisateur. Les dispositifs utilisent la technologie infrarouge pour envoyer leurs chaînes de caractères, choix motivé par la mise à disposition standard d'un port infrarouge sur la plupart des appareils portables actuels, par la stabilité du protocole IrDA et par la facilité d'implémentation d'un dispositif infrarouge. Notons que des versions futures des dispositifs pourront utiliser d'autres technologies non directionnelles telles que des fréquences radio.

Ce système pourrait également avoir une incidence économique dans le sens où il permettrait de commander directement, par exemple, des reproductions d'œuvres d'art via l'appareil portatif en envoyant un message au magasin de souvenirs du musée. Dès lors, le visiteur se présenterait à la boutique une fois sa visite terminée dans le but de rechercher ses commandes.

³³ La page officielle du projet CoolTown est disponible à <http://cooltown.hp.com/cooltownhome/index.asp>.

9.2.2 Le système GPS³⁴

Introduction

Le GPS, ou Global Positioning System, est un système né du Département de la Défense américaine et qui compte bien bouleverser la navigation pour toujours. Il est composé d'un réseau de 24 satellites de type Navstar en orbite circulaire autour de la Terre à une distance de 28 500 kilomètres. Ces satellites sont repartis en six plans orbitaux comprenant chacun quatre satellites. L'altitude des satellites et l'inclinaison des plans des orbites sont choisis de telle sorte qu'à tout instant, en tout point de la Terre, on puisse communiquer avec un nombre minimal de satellites afin de calculer sa position. Ce réseau est une des pièces d'un système de positionnement par onde radio à l'échelle mondiale et accessible à tout le monde. Les satellites sont utilisés comme point de référence afin de déterminer des positions et ce à quelques mètres près. Des utilisations avancées du GPS permettent même une localisation à moins d'un centimètre.

Les récepteurs GPS, autre pièce du système, sont actuellement de taille très réduite et relativement peu coûteux, ce qui rend le système GPS abordable pour virtuellement tout le monde. Cela laisse présager une utilisation à très grande échelle dans le futur, de sorte que bénéficier du système GPS sera aussi banal que de posséder un téléphone portable.

Les utilisations du GPS sont nombreuses. Parmi celles-ci citons :

- déterminer une position précise
- aider à la navigation d'un point à une autre
- surveiller les mouvements de personnes ou choses
- créer des plans très précis
- fournir des mesures de temps de précision atomique
- aider à la gestion des ressources naturelles
- ...

Déterminer sa position

Nous allons essayer dans cette section de présenter le fonctionnement du GPS de manière intuitive à l'aide d'un raisonnement par étape.

Comme nous l'avons dit, le principe fondamental derrière le système GPS consiste en l'utilisation de satellite comme points de référence pour déterminer des positions sur la Terre. A partir de la connaissance de la distance entre notre position et trois satellites, nous pouvons déterminer notre position précise grâce au principe de triangulation. En effet, une première distance nous permet de déterminer une sphère dont le centre est la position du satellite et dont tous les points sont des positions potentielles. La deuxième distance nous permet de la même manière de déterminer une deuxième sphère qui réduira le nombre de positions possibles à un cercle qui constitue l'intersection entre les deux sphères. Pour terminer, la troisième distance nous permet de sortir deux points qui sont l'intersection entre le cercle précédemment cité et la troisième sphère.

³⁴ Cette section se base notamment sur le tutorial présenté dans [TRIMBLE GPS].

Ce principe est illustré par la figure 9-5. Les satellites sont au centre des cercles. Chaque cercle est la représentation en deux dimensions de la sphère calculée autour d'un satellite. Les points *A* et *B* représentent les deux positions sur terre qui découlent de la triangulation.

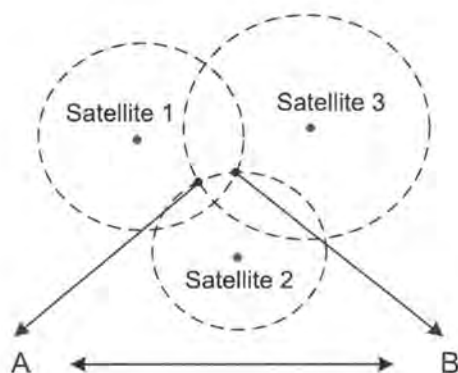


Figure 9-5 Principe de triangulation utilisé par le système GPS.

A partir de trois satellites nous avons donc réduit l'espace de recherche à deux points. En pratique, seulement un des ces deux points correspondra à une position cohérente l'autre pouvant être supprimé. Si ce n'est pas le cas, une quatrième mesure permet de lever le doute comme nous le verrons par la suite.

Déterminons maintenant comment calculer la distance entre notre position et un satellite. Il s'agit ici de déterminer le temps que met un signal envoyé d'un satellite pour arriver à un récepteur GPS. Nous prenons comme hypothèse un environnement sans perturbation, hypothèse qui sera levée par la suite. La manière de calculer une distance entre un point *A* et un point *B* est de multiplier la vitesse à laquelle se déplace un objet entre *A* et *B* et de multiplier cela par le temps de parcours entre *A* et *B*. Or, nous savons dans notre cas qu'un signal radio se déplace à la vitesse de la lumière à savoir 300 000 kilomètres/seconde. Il nous reste encore à mesurer le temps de parcours du signal entre l'envoi, à partir du satellite, et sa réception à notre position. En lançant un signal d'un satellite et en supposant que le récepteur connaisse le moment où le satellite l'a lancé, on sait mesurer ce délai. Le GPS fonctionne sur ce principe. Ainsi, un « pseudo-code aléatoire » est utilisé comme signal. Il représente un code digital compliqué permettant d'être certain que le receveur ne captera pas de signal ne provenant pas d'un satellite et que des forces hostiles ne brouilleront pas le système. De manière générale, ce code évitera de permettre un contrôle d'accès au système par le Département de la Défense américaine. Notons que chaque satellite dispose de son propre code afin que le receveur puisse distinguer les signaux reçus.

Comment synchroniser parfaitement les satellites avec le receveur sur terre ? Il est en effet nécessaire que le receveur connaisse exactement à quel moment le signal est envoyé des satellites afin de calculer la différence de temps entre le moment où le signal a été envoyé et sa réception sur terre et ainsi pouvoir dériver le temps de parcours du signal. En cas de désynchronisation, le récepteur pensera que le satellite a envoyé son message au temps t alors qu'en fait, il l'a envoyé au temps $t+x$. Etant donné qu'une erreur de temps minime provoque

une différence de distance énorme, il est primordial de trouver une solution à ce problème. Du côté des satellites, ce problème est réglé par la présence d'une horloge atomique à leur bord qui calcule le temps avec une précision inouïe. Installer ce type d'horloge sur un récepteur GPS n'est évidemment pas envisageable en raison du coût de ce genre de matériel. Remarquons maintenant qu'à partir des trois premières mesures, une variation dans les distances ne serait pas détectée par le récepteur car les trois sphères se croiseront toujours en un point qui sera supposé correct par le récepteur. Afin de compenser cette erreur de précision potentielle du récepteur, une quatrième mesure provenant d'un quatrième satellite sera utilisée. Si le satellite et le récepteur ne sont pas synchronisés, cette quatrième mesure (permettant de construire une sphère dont le centre est le quatrième satellite et le rayon la distance mesurée) n'aura pas d'intersection avec les deux points d'intersection des trois premières mesures de distance. En effet, nous savons que les satellites envoient leurs signaux en même temps. Les distances calculées seront donc incorrectes mais dans la même proportion pour chaque signal capté par le récepteur, ce qui entraîne que les sphères ne se croisent pas en un seul point. La figure 9-6 nous montre ce qui se passe si le récepteur est en avance ou en retard de synchronisation avec les satellites. La première figure montre la solution idéale où les distances calculées sont correctes et où les trois mesures coïncident avec la quatrième (sphère grisée) en un point d'intersection. La deuxième figure montre une avance de synchronisation car les distances calculées (en traits pleins) sont plus courtes que les distances réelles (en pointillé) tandis que la troisième figure montre un retard de synchronisation. On remarque dans les deux derniers cas qu'il n'y a plus de point d'intersection entre les quatre sphères.

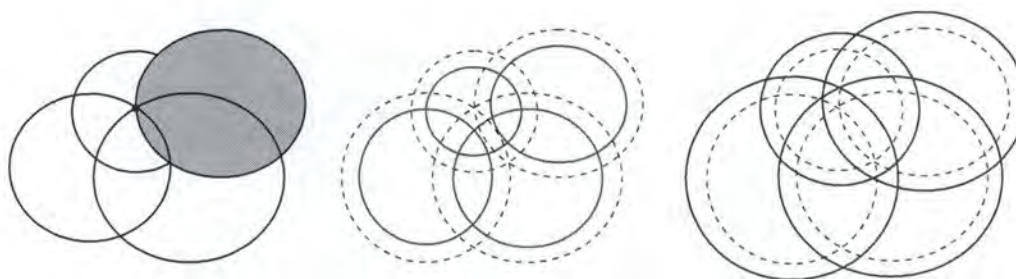


Figure 9-6 L'impact des désynchronisations sur la précision des mesures

En ayant quatre distances, il est dès lors possible de déterminer un facteur de correction qui permettra de faire croiser les quatre sphères déterminées par les mesures de distance en un seul point d'intersection. Pour déterminer ce facteur, le récepteur n'aura qu'à retarder ou avancer son horloge jusqu'à atteindre ce point d'intersection. Ce facteur de correction représente la différence de temps entre l'envoi effectif du signal par le satellite et le temps d'envoi présumé par le récepteur. Une fois ce facteur connu, il suffit d'adapter les trois premières mesures reçues par les satellites pour disposer de mesures de distance très précises. Cette astuce permet ainsi de disposer d'horloges à précision atomique sans frais supplémentaire.

Nous avons jusqu'à présent supposé que nous connaissions la position exacte des satellites afin de calculer les distances entre ces satellites et les récepteurs. Cependant, les satellites étant placés en orbite de manière très précise et à l'abri de perturbations atmosphériques, il est ainsi relativement aisé de calculer leurs positions exactes à condition de ne pas avoir d'autres perturbations. Les récepteurs tiennent un répertoire de position des

satellites qui les renseigne sur leur position à tout moment. Néanmoins, certaines imprécisions peuvent se produire en raison des forces gravitationnelles de la lune et du soleil ou de la pression des rayons du soleil sur le satellite. Le Département de la Défense vérifie ainsi continuellement l'altitude, la position et la vitesse des satellites. Si une erreur est détectée, un signal est envoyé au satellite qui le répercute dans son pseudo-code aléatoire. Le signal est capté par le récepteur qui met à jour son répertoire.

Nous avons jusqu'à maintenant présenté le fonctionnement du GPS dans un environnement où le signal envoyé n'était pas perturbé. Ce n'est évidemment pas le cas en réalité où de nombreuses perturbations ont des incidences sur le temps de parcours du signal envoyé depuis le satellite. Ainsi, les différentes couches de l'atmosphère ralentissent le signal et d'autres perturbations locales peuvent se produire. Des problèmes liés aux satellites peuvent également se produire. En effet, les horloges atomiques sont très précises mais pas parfaites et les positions satellites ne peuvent pas être surveillées à chaque seconde, laissant la place à de faibles erreurs de position entre les temps de surveillance. Un certains nombres de techniques sont utilisées pour limiter ses perturbations. Nous ne les aborderons pas dans le cadre de ce mémoire.

Les perspectives d'avenir

Des projets ont fleuri afin de fournir des alternatives au GPS, détenu exclusivement par les Etats-Unis. Ainsi, le système Russe GLONASS, dont le programme a commencé en 1982, propose une première alternative potentielle au GPS. Néanmoins, des problèmes financiers et la faible durée de vie des satellites ont repoussé toute utilisation civile actuellement. Un programme de redéploiement est en cours et la constellation de satellites devrait normalement être opérationnelle d'ici 2006.

Des programmes visant à améliorer la précision des mesures de positionnement par satellites sont en cours au Etats-Unis (WAAS), au Japon (MSAS) et en Europe (EGNOS). Le principe est d'exploiter des stations au sol, reliées à plusieurs satellites géostationnaires, qui évaluent en permanence les degrés d'erreur des satellites GPS (ou autres) et les propagent sur les récepteurs compatibles via les satellites géostationnaires.

EGNOS peut être considéré comme la première étape d'un vaste projet européen devant aboutir à la mise en place d'un système global de positionnement par satellite. Il s'agit du projet GALILEO, lancé conjointement par l'Union Européenne et l'Agence Spatiale Européenne. Ce système sera sous contrôle civil et devrait être exploitable d'ici 2008. Il sera composé de 30 satellites gérés par un réseau mondial de stations terrestres et bénéficiera d'une précision et d'une fiabilité accrue par rapport au GPS et au GLONASS.

Les perspectives d'avenir de systèmes de positionnement par satellite sont plutôt bonnes. Des formes avancées de GPS permettent de fournir une précision à moins d'un centimètre. Mais comme souvent, les améliorations arrivent progressivement au niveau civil. Nous pouvons néanmoins nous rendre compte du potentiel de ce genre de systèmes et tabler sur une utilisation accrue dans les années à venir. L'exploitation de signaux provenant de différents systèmes de positionnement par satellite permettrait également d'accroître un peu plus la précision des mesures. L'avenir nous dira cependant si de telles collaborations seront envisageables.

9.2.3 Les réseaux locaux par ondes radio

Nous avons jusqu'à présent considéré les réseaux locaux sans fil comme un moyen de fournir des informations au visiteur en servant de relais entre le serveur de données et les appareils portatifs. Ils peuvent néanmoins être utilisés différemment.

Après avoir examiné les différents systèmes de positionnement que sont les systèmes à base d'infrarouge et les systèmes satellites, observons ce que les systèmes à base de réseaux locaux sans fil pourraient apporter. Alors que les systèmes infrarouges ne peuvent compter que sur un signal très localisé et que les systèmes satellites ne sont pas bien adaptés à la localisation en intérieur, les réseaux sans fils semblent être la solution la plus adaptée à nos besoins dans le cadre d'un musée.

Un système de positionnement intérieur requiert le déploiement de matériels et de logiciels spécialisés qui s'intègrent au réseau sans fils. Il n'existe pas de standard à l'heure actuelle pour ces systèmes de positionnement. Chaque vendeur y va de sa propre solution logicielle et matérielle, privilégiant parfois du matériel propriétaire, parfois l'utilisation de matériels standard. En outre, il n'est généralement pas enclin à discuter de la manière dont il détermine les positions. On peut néanmoins imaginer qu'ils utilisent les délais de propagation des signaux entre des points d'accès fixes et les appareils portatifs des utilisateurs pour ensuite effectuer une triangulation afin de calculer les positions relatives de ces utilisateurs. Nous verrons par la suite que ce n'est néanmoins pas la seule solution envisageable.

Ayant déjà abordés les types de réseaux sans fils dans le chapitre 2, nous nous focalisons dans cette partie sur des exemples concrets de systèmes de positionnement basés sur les réseaux locaux à ondes radio.

Ekahau Positioning Engine³⁵

L'Ekahau Positioning Engine (EPE) est un serveur de positionnement, utilisant les réseaux sans fils, et basé sur les technologies Java. Il fournit à des appareils portables leur coordonnée sous la forme (x, y, étage) avec une précision d'un mètre. L'EPE dispose d'une API qui permet aux applications de positionnement, implémentées pour les appareils portables, d'utiliser les coordonnées calculées par le serveur.

Contrairement aux techniques habituelles de positionnement basées sur la propagation de signaux et la triangulation, l'EPE se base sur des concepts tels les graphes bayésiens, la complexité stochastiques ou encore l'apprentissage compétitif. A l'aide de données récoltées lors d'une période de calibration du site dans lequel on veut implanter un système de positionnement, ces théories permettent de fournir des mesures de positionnement précises. Cette technologie inclut ainsi une application de gestion qui sert à effectuer l'étude du site. A partir du plan du site, on crée des « routes de suivi » afin d'améliorer la précision et la stabilité des mesures³⁶. La période de calibration nécessite la récolte d'échantillons de mesures en utilisant un appareil portatif sur le terrain afin de capter les intensités de signaux des points d'accès dans toutes les directions. Cette application permet ensuite de détecter les

³⁵ De plus amples informations sur cette technologie sont disponibles sur le site officiel d'Ekahau : <http://www.ekahau.com/technology/>.

³⁶ Si on connaît les chemins empruntés dans le plan et en connaissant la localisation des points d'accès émetteurs, il est possible de mesurer les coordonnées de manière plus précise en sélectionnant les points d'accès les moins sujets aux interférences liés à l'environnement.

zones d'émissions des points d'accès Wi-fi en fonction de la puissance du signal afin de pouvoir détecter les interférences entre les signaux et les zones qui ne sont pas couvertes de manière optimales. Après calibration, elle permet dès lors de déterminer la meilleure configuration possible au niveau du nombre et du positionnement des émetteurs.

WhereLAN de WhereNet³⁷

WhereNet est une autre compagnie offrant des solutions de positionnement intérieur. Elle est particulièrement spécialisée dans le suivi de biens dans les chaînes d'approvisionnement d'entreprises. Elle pourrait malgré tout être adaptée en vue d'une utilisation dans le cadre d'un musée. La technologie utilisée se base sur des WhereTag qui envoient continuellement un signal. Ce signal est capté par des senseurs WhereLAN utilisant la technologie Wi-fi. Ils captent les signaux provenant des WhereTag et les envoient au serveur WhereNet qui fournit les outils nécessaires à la gestion des ressources de l'entreprise. Ces senseurs servent également de point d'accès Wi-fi pour toute application client. On pourrait donc envisager, dans le cadre d'un musée, un système de localisation similaire basé sur un émetteur lié à l'appareil portable du visiteur. Le signal serait capté par des points d'accès disséminés dans le musée qui l'enverraient pour traitement au serveur central qui retournerait ensuite la position du visiteur grâce à ces points d'accès et aux récepteurs des appareils portatifs.

9.2.4 Positionnement par réseaux cellulaires

Par souci de complétude, nous abordons brièvement dans cette section les principes de base du positionnement par réseaux cellulaires. Nous n'entrerons pas ici dans des considérations techniques mais nous présentons simplement les idées sous-jacentes à ces techniques. Cette section se base notamment sur les articles [ALCATEL 2001], [AGDER 2002] et [ROSSATI 2001] qui permettront au lecteur intéressé d'approfondir ses connaissances.

On distingue trois méthodes de positionnement qui diffèrent de par la précision qu'elles permettent d'atteindre. Il s'agit des méthodes par identification de cellule, par différence de temps observée et des méthodes utilisant le système GPS.

La première méthode aussi appelée Cell-ID, se base sur les connaissances théoriques que l'on a de la couverture géographique des différentes stations de base³⁸. Un mobile est attaché à une ou plusieurs cellules lorsqu'il émet en fonction que l'on utilise respectivement le réseau GSM ou UMTS. A partir de l'identificateur de cellule présent dans les messages transmis, on peut définir dans quelle zone l'utilisateur se situe. Des améliorations sont possibles pour restreindre la zone d'incertitude de la position. Ainsi, il est possible d'exploiter des données relatives au mécanisme de synchronisation³⁹ entre l'unité mobile et la station de base. Une distinction est faite entre les stations de base omnidirectionnelles et sectorisées. Les

³⁷ De plus amples informations sur WhereLAN sont disponibles sur le site officiel de WhereNet : <http://www.wherenet.com/download/WhereLAN.pdf>.

³⁸ Antennes émettrice et réceptrice permettant de propager les ondes radio dans une zone délimitée, appelée cellule.

³⁹ Dans un système basé sur la découpe du canal en plage de temps, chaque utilisateur doit émettre dans sa plage. Les utilisateurs se situant à des distances différentes, les signaux arrivent dans des temps différents à une station de base. Il faut un mécanisme de synchronisation afin que les utilisateurs diffèrent l'envoi de leur signal afin de ne pas n'empiéter pas sur la plage voisine.

unes émettent leurs signaux dans tous les sens, les autres émettant des signaux en secteurs distincts indépendants. Ses dernières permettent de réduire la zone d'incertitude à un certain secteur plutôt qu'à l'ensemble de la cellule. Des mesures de puissance de signaux provenant de cellules voisines permettent également d'améliorer la précision des mesures de position. Toutes ces considérations sont reprises graphiquement à la figure 9-7. Cette technique est fortement dépendante du taux de couverture de la zone considérée (le rayon d'une station de base en zone rurale, de l'ordre de 35km, sera plus important qu'en zone urbaine en raison du nombre restreint d'utilisateurs) et se révèle peu précise, de l'ordre de 100 mètres à 500 mètres dans le meilleur des cas. Elle a le mérite d'être particulièrement facile à mettre en œuvre.

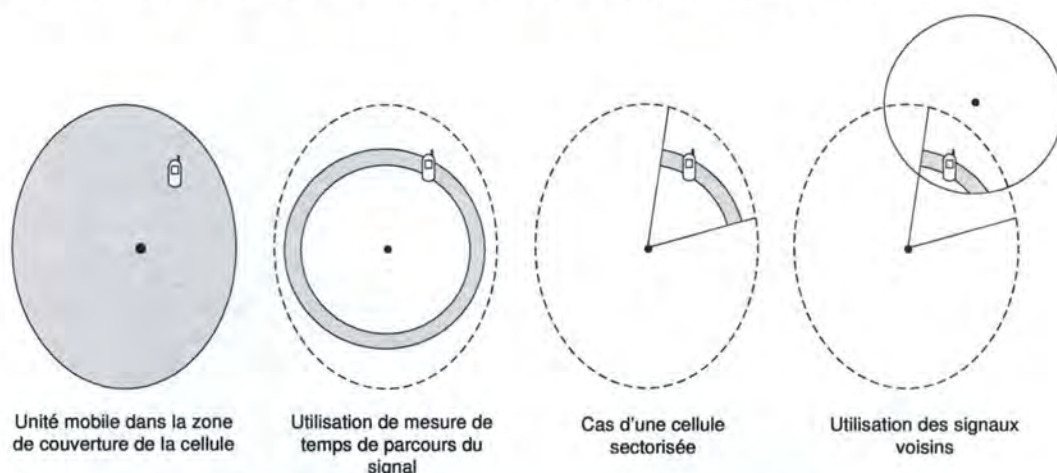


Figure 9-7 Méthode de positionnement basée sur l'identificateur de cellule + améliorations

La deuxième méthode basée sur les différences de temps observées est très proche de la méthode utilisée dans le système GPS. Il s'agit donc d'une triangulation où les distances ne sont plus calculées entre les satellites et l'unité mobile mais entre les stations de base et l'unité mobile. La figure 9-5 permet de se représenter cette méthode (les satellites 1, 2 et 3 devenant trois stations de base). Comme dans le cas du GPS, les signaux des stations de base doivent être synchrones, ce qui sera le cas lors de l'évolution vers l'UMTS. Cette méthode est bien plus précise que la précédente et ne dépend pas des prédictions de couverture des stations de base. Elle est par contre basée sur le calcul d'un temps de trajet d'un signal qui peut, comme dans le cas du GPS, subir des perturbations liées à l'environnement. Elle exige également la visibilité de trois stations pour offrir une meilleure précision que le Cell-ID. Dans le meilleur des cas, ce genre de méthode permet d'obtenir une précision de l'ordre de 30 mètres. Il existe un certain nombre de méthodes basées sur la triangulation. Elles dépendent de la génération du réseau cellulaire considéré et de la partie du système qui effectue les calculs de localisation. Précisons également que des méthodes basées sur les angles que forme l'unité mobile avec les stations de base, au lieu des temps de parcours des signaux, existent.

Il est possible de profiter du réseau cellulaire pour encore améliorer la précision des mesures fournies grâce au système GPS. C'est la méthode GPS-assistée qui consiste à installer un récepteur GPS dans les unités mobiles et ajouter des serveurs de référence dans le réseau cellulaire. Le principe du GPS-assisté est d'utiliser des stations au sol qui captent de manière plus fiable des données provenant des satellites et les propagent aux unités mobiles. A l'aide de ces informations, les unités mobiles peuvent calculer avec plus de précision leur position même dans des conditions difficiles, lors du temps de positionnement à l'allumage ou

dans des zones où la réception des signaux satellites est plus faible. La précision des mesures est encore améliorée par rapport aux autres méthodes et peut être de l'ordre de quelques mètres. Ce système a néanmoins un gros impact sur le coût des unités mobiles.

Un tel système ne nécessite aucune installation supplémentaire au niveau du musée, le visiteur, muni de son téléphone portable, bénéficiant d'un service de localisation auprès de son opérateur.

9.3 Conclusion

Au vu de ces considérations, les technologies présentées restent assez complémentaires. L'infrarouge se comporte bien lorsqu'il s'agit de transférer de l'information sur de courtes distances et de manière très localisée. Cette technologie pourrait ainsi être utilisée au sein même d'une vitrine afin de fournir des informations sur les objets, tout comme nous l'avons vu en présentant le projet CoolTown. Le visiteur pointerait son appareil portable sur un objet qui bénéficierait de son propre émetteur infrarouge, envoyant la localisation de l'information au PDA qui effectuerait ensuite une requête au serveur du musée. L'infrarouge permettrait également de localiser un visiteur près d'une vitrine, les vitrines étant relativement proches. Dès qu'il s'agit d'espaces plus grands, tels des salles, les technologies à onde radio semblent plus efficaces. La portée du signal étant supérieure, celui-ci pourra être diffusé sur de plus grands espaces. Les systèmes de positionnement par satellites et par réseaux cellulaires pourraient jouer également un rôle à l'avenir et fournir une alternative aux systèmes par ondes radio. Actuellement, la précision que fournit ce genre de système reste néanmoins beaucoup trop faible pour des besoins de localisation à l'intérieur d'un musée.

Chapitre 10: Amélioration du moteur de recherche

Comme nous l'avons vu, le système mis en place permet au visiteur de réaliser une visite personnalisée. Grâce à cette fonctionnalité, les visiteurs peuvent accéder aux informations qui les intéressent de manière plus aisée, que ce soit au moment de la visite ou dans le cadre de la « préparation » d'une visite via le site internet. Cependant, les requêtes effectuées s'expriment uniquement à l'aide d'expressions booléennes constituées de mots, comme c'est le cas dans la plupart des moteurs de recherches. Le système compare alors les mots présents dans la requête et transmet à l'utilisateur tous les objets ou les thèmes les mentionnant. Malheureusement, les utilisateurs possèdent une vision de haut niveau quant à leurs exigences, ce que des expressions booléennes de mots ne permettent pas d'atteindre. Il y a donc inadéquation entre les moyens mis en œuvre pour aider l'utilisateur à effectuer ses recherches et son fonctionnement mental.

Ce chapitre a pour but d'essayer de trouver une technique permettant de dégager les concepts de documents en transformant les caractéristiques de bas niveau (les mots) en concepts plus élevés quant à leur signification. De plus, étant donné qu'une image est souvent plus adéquate pour exprimer ce que l'on recherche, nous nous attarderons sur les méthodes de recherche d'images en base de données. Nous présenterons pour ce faire des méthodes de recherche basées sur les travaux de William I. Grosky et Rong Zhao⁴⁰. Plus précisément, nous commencerons par une introduction suivie d'une méthode appelée « Latent Semantic Indexing » qui, comme nous le verrons, permettra de dégager des concepts de haut niveau, tant pour les textes que pour les images. Nous verrons ensuite les différents types de méthodes de recherches d'images, les principaux modèles de couleurs, pour finir avec la représentation des images et les méthodes empruntées de William I. Grosky et Rong Zhao.

10.1 Introduction

De nos jours, nous sommes de plus en plus confrontés à un accroissement de données accessibles. Un des problèmes de toute base de donnée documentaire (comme le Web par exemple) réside dans la difficulté de retrouver les informations voulues parmi cette masse de données. Malgré la multitude de techniques de recherche, celles-ci ne permettent toujours pas d'inclure une notion de sémantique et donc d'orienter la recherche vers l'utilisateur. Les critères de recherche sont essentiellement textuels et doivent être écrits selon une logique booléenne. La capacité de l'utilisateur à exprimer sa requête selon ces critères définira donc la probabilité de trouver les documents qu'il désire. Cependant, tandis que ces systèmes retrouvent des documents en se basant sur ses propriétés de bas niveau (des mots), les utilisateurs ont une notion plus abstraite de ce qui pourrait les satisfaire lorsqu'ils effectuent une recherche. Il y a donc une marge entre la sémantique du document qui est de haut niveau et qui fait appel à nos sens et sa représentation syntaxique. C'est ce qu'on appelle communément le « semantic gap », que nous pouvons traduire par le « fossé sémantique ». Ce terme, employé au préalable dans le champ des recherches d'images, représente la différence entre ce que l'utilisateur recherche et la manière dont les moteurs de recherches fonctionnent. Il faudrait donc passer de systèmes d'organisation basés sur le contenu à des systèmes de recherche basés sur les concepts des utilisateurs.

⁴⁰ [ZHAO 2000], [ZHAO 2001], [ZHAO 2002 (1)], [ZHAO 2002 (2)]

Comment combler ce fossé ? Expliquons d'abord très brièvement le fonctionnement d'un moteur de recherche. Celui-ci peut être séparé en deux parties : l'indexation, phase de pré-analyse des documents dont le but est de faciliter la recherche, et la recherche proprement dite. Les méthodes d'indexation sont sujettes à de nombreuses recherches. Les méthodes utilisées pour l'instant sont principalement des méthodes lexicales mais des études dans le champ de l'intelligence artificielle tentent de trouver des méthodes sémantiques. Cependant, nous allons voir qu'une analyse purement syntaxique peut permettre de dégager des notions sémantiques ou du moins les aspects les plus importants d'un document. Ainsi, une technique appelée « indexation sur base de la sémantique latente » ou « latent semantic indexing » (LSI) est utilisée depuis de nombreuses années dans le domaine de la recherche d'informations textuelles. Couplée à des analyses d'images, elle pourrait nous aider à combler ce fossé.

10.2 Indexation sur base de la sémantique latente

10.2.1 Problèmes des moteurs de recherche

Nous venons de dire que le problème principal des moteurs de recherche est qu'ils se basent sur de simples tests de présence de caractères. Cependant, les utilisateurs veulent retrouver des documents sur base de contenu conceptuel. Dans cette optique, les mots individuels ne peuvent fournir des preuves fiables quant à la signification du document. De plus, il y a généralement plusieurs moyens d'exprimer un même concept. De ce fait, les termes littéraux employés dans une requête d'un utilisateur peuvent ne pas correspondre aux documents adéquats. De plus, beaucoup de mots ont plusieurs significations et sont utilisés dans différents contextes. Un des problèmes majeurs sera donc que les mots choisis dans la requête se retrouvent dans un document qui n'a que peu d'intérêt. Dans un système de recherche textuelle, ces problèmes sont la synonymie, l'homonymie et la polysémie. Deux termes sont synonymes s'ils sont substituables l'un à l'autre dans un contexte linguistique donné sans altération des conditions de vérité de la phrase (« policier/flic ») tandis que les homonymes et polysèmes sont des mots qui possèdent plusieurs sens distincts. Plus précisément, les polysèmes sont des mots qui ont des sens multiples reliés entre eux. Par exemple, le mot fille désigne le descendant direct de sexe féminin si ce terme est relié à une autre personne (« ma fille a douze ans ») ou un être humain non adulte de sexe féminin (« il y a peu de filles dans ma classe »). Les homonymes n'ont quant à eux pas de relation entre eux (« un avocat »).⁴¹ Nous pouvons donc constater que les synonymes diminueront la performance, dite de « rappel », de la recherche puisque des documents pouvant nous intéresser ne seront pas repris dans les résultats de la recherche tandis que les homonymes et les polysèmes diminueront la précision de la recherche.

L'indexation sur base de la sémantique latente tente de dépasser les déficiences d'une recherche de type « term-matching » à savoir une recherche se basant sur la présence ou non d'un mot dans un texte. Il est supposé qu'il existe une structure sémantique latente cachée dans les données et qui est partiellement obscurcie par le caractère aléatoire du choix des mots. Des techniques statistiques sont utilisées pour estimer cette structure sémantique latente et se débarrasser du bruit.

⁴¹ [JING LING]

10.2.2 Définition

[ZHAO 2000] définissent la technique LSI comme suit :

« LSI détermine des groupes de mots se répétant (souvent appelés concepts) – de façon à ce qu'une requête qui utilise un mot particulier puisse retrouver des documents ne contenant peut-être pas ce mot, mais contenant d'autres mots du même groupe »

En résumé, cette technique permet de déterminer des groupes de mots ou « clusters » se répétant afin que ce groupement représente les concepts clés du document. Ensuite, la recherche, autrefois basée sur de simples tests de présence de chaînes de caractères, se fera en fonction des clusters ainsi créés. Ainsi, une requête pourrait voir comme résultat un document ne possédant pas exactement les mots contenus dans la requête si toutefois ce document possède un groupement dont ces derniers font partie.

10.2.3 Fonctionnement

Cette technique se base sur le fait que les associations entre les termes contenus dans les documents et les documents eux-mêmes peuvent être formulées en utilisant un modèle d'espace vectoriel dans lequel chaque document serait représenté par un vecteur et où chaque composant de ces vecteurs refléterait l'importance d'un terme particulier dans la représentation sémantique d'un document. Ces vecteurs pourraient dès lors être repris comme colonnes d'une même matrice qui servirait à représenter la base de données.

La technique d'indexation basée sur la sémantique latente est en fait une variante de ce modèle d'espace vectoriel. Ici, la matrice représentant la base de donnée n'est plus qu'une approximation basée sur le rang de la matrice en comparaison avec la matrice « originale » issue du modèle vectoriel. En d'autres termes, la matrice originale est remplacée par une autre matrice la plus proche possible mais dans laquelle l'espace des colonnes ne reprend seulement qu'un sous-ensemble de celui de la matrice originale, en espérant de la sorte dégager les concepts clés.

Modèle d'espace vectoriel

Dans un modèle d'espace vectoriel, un vecteur est utilisé pour représenter chaque document de la collection. Chaque composant du vecteur représente un mot particulier associé au document donné. La valeur de ce composant est telle qu'elle représente l'importance de ce terme pour la sémantique du document. On peut donc grâce à ce modèle représenter une base de données de d documents comportant t termes par une *matrice terme par document* $A : t * d$. Les colonnes de A sont appelées les *vecteurs document* et les rangées, les *vecteurs terme*. Les éléments a_{ij} de la matrice représentent la fréquence à laquelle le terme i est répété dans le document j .

De nombreuses techniques peuvent être appliquées pour définir la valeur des éléments de la matrice. Généralement, cette valeur se dérive de la formule $a_{ij} = L_{ij}G_i$ où L_{ij} représente le poids local c'est-à-dire le poids du terme i dans le document j et où G_i représente le poids global qui reflète la valeur totale du terme i dans la collection. Plusieurs moyens existent pour calculer ces deux poids et nous ne rentrerons pas plus dans les détails ici.

Approximation grâce à la décomposition en valeurs singulières

La décomposition en valeurs singulières est une technique de réduction de dimension qui nous donne une approximation de rang réduit pour à la fois l'espace des colonnes et l'espace des lignes du modèle d'espace vectoriel. Elle nous permet de trouver une approximation de rang k d'une matrice A avec le minimum de changements par rapport à la matrice initiale et ce pour n'importe quelle valeur de k ⁴².

La décomposition en valeur singulière peut être définie comme suit,

$$A = USV^T$$

Où U est la matrice orthogonale $t \times t$ ayant les vecteurs singuliers gauches de A comme colonnes, V est la matrice orthogonale $d \times d$ ayant les vecteurs singuliers droits de la A comme colonnes et S est la matrice diagonale ayant les valeurs singulières $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r$ de A dans l'ordre le long de sa diagonale où $\min(t,d) \geq r$. De plus, cette décomposition est toujours possible pour toute matrice A de dimension $N \times M$ pour laquelle le nombre de lignes N est supérieur ou égal au nombre de colonnes M ⁴³.

Le rang r de la matrice A est égal au nombre de valeurs singulières non nulles. Les r premières colonnes de U constituent donc une base pour l'espace des colonnes de la matrice A tout comme les r premières lignes de V^T constituent une base pour l'espace des lignes de la matrice A . Pour créer une approximation A_k de rang $k < r$ de la matrice A , il suffit de garder les k plus grandes valeurs singulières et de mettre les autres à zéro. Cette valeur k est définie empiriquement⁴⁴.

LSI utilise cette technique dans le but de transformer la matrice mot/document en un espace sémantique au sein duquel les documents proches sémantiquement l'un de l'autre sont placés l'un près de l'autre. La décomposition en valeurs singulières permet que l'arrangement de l'espace reflète les patterns les plus associatifs et ignore les plus petits qui ont moins d'influences. Comme résultat, les termes qui n'apparaissent pas dans un document finiront proche du document, si ces termes appartiennent au même groupement qu'un des mots du document. Les positions dans cet espace sont alors utilisées comme un nouveau genre d'indexation sémantique. La recherche s'effectue en utilisant les termes de la requête pour identifier un point dans l'espace sémantique et les documents se trouvant dans son voisinage sont retournés comme résultat de la requête⁴⁵.

Mesure de similarité

Maintenant que nous avons obtenu une représentation matricielle et que nous avons dégagé les concepts importants grâce à une approximation basée sur la décomposition en valeurs singulières, il ne reste plus qu'à définir un moyen de savoir si des documents sont « similaires » ou bien s'ils correspondent à une requête émanant de l'utilisateur. Nous avons dit préalablement que des mesures géométriques effectuées sur les vecteurs pourraient nous y aider. Cela sera effectivement le cas. En effet, une des principales techniques de mesure de

⁴² Le théorème de Eckart & Young garanti que la distance entre la matrice A et son approximation de rang k est minimisée par l'approximation A_k tel que $A_k = U_k S_k V_k^T$. [ZHAO 2002 (2)]

⁴³ [ZHAO 2001]

⁴⁴ [ZHAO 2001]

⁴⁵ [ZHAO 2002 (2)]

similarité consiste à prendre les cosinus des angles formés par la requête et chacun des vecteurs documents et de regarder leur valeur. Plus celle-ci sera proche de 1 plus les documents seront proches sémantiquement l'un de l'autre. Ce cosinus serait calculé dans notre cas par la formule suivante :

$$\cos\theta_j = \frac{a_j^T q}{\|a_j\| \|q\|} = \frac{\sum_{i=1}^l a_{ij} q_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^l q_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^l a_{ij}^2}}$$

10.3 Les méthodes de recherche d'images

Parfois, l'utilisateur a en tête un concept tellement abstrait qu'il ne sait pas ce qu'il veut avant de l'avoir vu. A ce point, il peut vouloir des images similaires à ce qu'il vient de voir. La notion de similarité est à nouveau basée sur des abstractions de haut niveau telles les activités prenant place dans l'image ou les émotions évoquées. Malheureusement, des définitions standard de la similarité basées sur des caractéristiques de bas niveau fournissent généralement de mauvais résultats. En réalité, la correspondance entre l'approche sémantique basée sur les concepts de l'utilisateur et les systèmes basés sur des caractéristiques de bas niveau est de plusieurs à plusieurs. C'est à dire que le même concept sémantique sera associé à plusieurs ensembles de caractéristiques d'images. Aussi, pour le même ensemble de caractéristiques d'images, différents utilisateurs pourraient trouver des images ne correspondant pas à ce qu'ils recherchent surtout lorsque des émotions sont évoquées.⁴⁶

Une image est constituée d'un ensemble de points appelés pixels⁴⁷. Le pixel représente ainsi le plus petit élément constitutif d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant l'image. Pour représenter numériquement une image, il suffit donc de créer un tableau de pixels dont chaque case contient une valeur. La valeur stockée dans une case est codée sur un certain nombre de bits déterminant la couleur ou l'intensité du pixel, on l'appelle profondeur de codage. Cependant, il n'existe pas d'autres informations que celles émanant des pixels. Voyons brièvement les types de données qui peuvent y être attachées. On peut les séparer en deux catégories :

- les données indépendantes de l'image : nom, auteur, date de création,...
- les données issues de l'image : couleurs, textures, formes, relations spatiales, et leur combinaison.

A cela, on peut encore rajouter des données décrivant l'image c'est à dire une tentative de décrire la sémantique de l'image à l'aide de mot qu'on lui associe. C'est à l'aide de ces descriptions que la plupart des méthodes de recherche actuelles se basent. Bien entendu, ces méthodes ne sont pas adéquates pour de nombreuses raisons. Ainsi, il n'est pas évident de caractériser une image par un contenu textuel. De plus, l'interprétation donnée est bien entendue individuelle et donc subjective. Enfin, cela nécessite une démarche non

⁴⁶ [ZHAO 2000]

⁴⁷ *PICTure ELe ment*

automatique. Néanmoins, ce sont les seules méthodes permettant d'orienter la recherche d'images avec des concepts de haut niveau.

Une recherche basée sur des mots est bien plus facile à réaliser qu'une recherche sur le contenu de l'image. Cependant, l'importance des images, de par leur meilleure représentation du monde, nécessite la création de nouvelles techniques de recherche. Les données de bas niveau telles que les couleurs sont directement en relation avec notre perception visuelle de l'image. Bien entendu, on ne peut associer de sémantique à ces données autrement dit des concepts de haut niveau ne peuvent pas en être extraits. Or, ils représentent la signification relative la plus importante de l'objet ou de la scène qui est perçue par l'être humain. Inutile de dire que c'est une tâche extrêmement difficile que d'extraire et gérer la sémantique afin de l'utiliser pour atteindre des systèmes de recherche plus intelligents et plus orientés vers l'utilisateur.

En général, on peut diviser les techniques se basant sur les données issues de l'image en deux catégories :

- **Correspondance exacte** : compare les images pixels par pixels et est donc applicable aux images invariables tel des plans.
- **Correspondance par similarité** : ne compare pas au niveau des pixels mais cherche les images les plus proches en fonction de certaines caractéristiques propres aux images (donc une rotation de l'image ne changera pas le résultat d'une recherche).

C'est bien entendu les recherches de type « correspondance par similarité » qui nous intéresse ici. Cependant, elles peuvent se baser sur de nombreux critères, les données issues de l'image pouvant être multiples. Attardons-nous un moment sur les modèles de couleurs qui nous seront utiles par la suite.

10.4 Les modèles de couleurs⁴⁸

En informatique, il est essentiel de disposer d'un moyen de choisir une couleur parmi toutes celles utilisables. Or la gamme de couleurs possibles est très vaste et la chaîne de traitement de l'image passe par différents périphériques: par exemple un numériseur (scanner), puis un logiciel de retouche d'image et enfin une imprimante. Il est donc nécessaire de pouvoir représenter de manière fiable la couleur afin de s'assurer de la cohérence entre ces différents périphériques.

On appelle ainsi *espace de couleurs* la représentation mathématique d'un ensemble de couleurs. Il en existe plusieurs, parmi lesquels les plus connus sont :

- Le codage RVB (Rouge, Vert, Bleu)
- Le codage TSL (Teinte, Saturation, Luminance)
- Le codage CMJ (Cyan, Magenta, Jaune)
- Le codage CIE (standard défini par la Commission Internationale de l'éclairage)
- Le codage YUV (utilisé dans les standards PAL⁴⁹ et SECAM⁵⁰)

⁴⁸ [COMMENTCAMARCHE WEB]

⁴⁹ Phase Alternation Line

⁵⁰ Séquentiel Couleur avec Mémoire

Nous nous intéresserons plus particulièrement au modèle RVB et au modèle TSL étant donné que ce sont ceux dont nous aurons besoin par la suite. De plus, les codages CIE et YUV sont plus des modèles mathématiques définis par contrainte matérielle.

10.4.1 Le modèle RVB

Le modèle RVB est le plus souvent employé pour la représentation des couleurs au sein d'une image. Il s'agit du mode colorimétrique additif basé sur la lumière. La synthèse additive est le fruit de l'ajout de composantes de la lumière. Les composantes de la lumière sont directement ajoutées à l'émission, c'est le cas pour les moniteurs ou les télévisions en couleur. Lorsque l'on ajoute les trois composantes rouge, vert et bleu, on obtient du blanc. L'absence de composante donne du noir. C'est donc à partir de l'addition ou non de ces couleurs de bases qu'est créé le nuancier de couleurs utilisé par l'ordinateur (Figure 10-1). Il consiste à affecter une valeur à chaque composante de rouge, de vert et de bleu. Ainsi, en vraie couleur (24 bits), le modèle RVB propose de coder sur un octet chaque composante de couleur, ce qui correspond à 256 intensités de rouge (2^8), 256 intensités de vert et 256 intensités de bleu, soient 16777216 possibilités théoriques de couleurs différentes, c'est-à-dire plus que ne peut en discerner l'oeil humain (environ 2 millions). Toutefois, cette valeur n'est que théorique car elle dépend fortement du matériel d'affichage utilisé.



Figure 10-1 Mode colorimétrique additif

Etant donné que le codage RVB repose sur trois composantes proposant la même gamme de valeur, on le représente généralement graphiquement par un cube dont chacun des axes correspond à une couleur primaire :

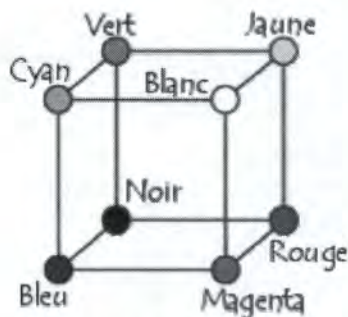


Figure 10-2 Représentation graphique du codage RVB

Il existe une variante utilisée pour les imprimantes. Il s'agit également de représenter les couleurs à l'aide des trois couleurs primaire mais de manière soustractive cette fois. L'absence de ces trois composantes donne du blanc tandis que leur superposition donne du noir. C'est le modèle CMJ (Cyan, Magenta, Jaune) que vous pouvez voir sur la figure 10-3.



Figure 10-3 Mode colorimétrique soustractif

10.4.2 Le modèle TSL

Le modèle TSL ou Teinte Saturation Luminance n'est plus un modèle guidé par des besoins matériels mais il se base sur la perception qu'un humain se fait des couleurs et des images.

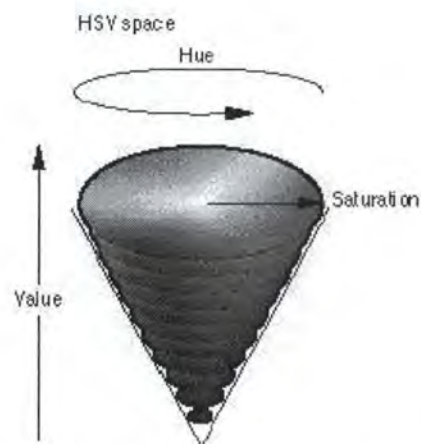


Figure 10-4 Modèle TSL (hue=teinte, saturation=saturation, value=luminance)

C'est un modèle de représentation dit "naturel", c'est-à-dire proche de la perception physiologique de la couleur par l'œil humain. C'est donc un modèle couramment utilisé dans les interfaces homme-machine. Il fonctionne très simplement et de manière plus intuitive que le modèle RVB. Ainsi, la teinte correspondra à la couleur de base, la saturation décrira la pureté de la couleur, c'est-à-dire son caractère vif ou terne et enfin, la luminance ou intensité représentera l'intensité de la couleur c'est-à-dire son aspect clair ou sombre.

Ce modèle possède également l'avantage de pouvoir interpoler plus facilement entre les couleurs et de pouvoir faire varier la teinte tout en gardant la même saturation par exemple.

Notons qu'il existe d'autres modèles naturels de représentation proches du modèle TSL :

- TSB : Teinte, Saturation, Brillance
- TSV : Teinte, Saturation, Valeur
- TSI : Teinte, Saturation, Intensité
- TCI : Teinte, Chrominance, Intensité

10.5 Représentation d'une image

10.5.1 Histogramme de couleurs

La couleur est la caractéristique visuelle que l'on perçoit immédiatement lorsque l'on regarde une image. Il est donc assez intuitif de tenter de représenter les images en se basant sur les couleurs. Seulement, les modèles de couleurs utilisés doivent être tels qu'ils représentent bien la perception humaine des distances entre les différentes couleurs. Nous avons vu qu'il existe de nombreux modèles de couleurs dont un basé sur la perception humaine : le modèle TSL. En effet, nous percevons les couleurs à travers la teinte, la saturation et la luminance. Le choix de ce modèle s'impose donc pour représenter les images.

L'histogramme de couleurs est le moyen le plus traditionnel et le plus couramment utilisé pour représenter les patterns de couleurs dans une image. C'est un moyen relativement efficace pour la représentation des couleurs et ce moyen est insensible aux changements de résolution de l'image, de zoom ou encore de rotation de la caméra. Un histogramme de couleur est un graphique permettant de représenter le nombre de pixels pour chaque couleur. Ainsi, l'histogramme d'une image en 256 couleurs sera représenté par un graphique possédant 256 valeurs en abscisse, et le nombre de pixels de l'image en ordonnée.

Voyons maintenant comment représenter une image à l'aide d'un histogramme de couleur basé sur le modèle Teinte Saturation Luminance. Tout d'abord, les images sont exprimées généralement en RVB. Il faut donc transformer ces valeurs en valeurs TSL. Ensuite, afin de faciliter les traitements, il pourrait être intéressant de laisser tomber la luminance étant donné que la perception que se fait l'être humain d'une image dépend principalement des deux autres composantes que sont la teinte et la saturation. Il ne nous reste donc plus que deux valeurs pour chacun des pixels de l'image. Il suffit alors de les quantifier dans deux histogrammes de dix bâtonnets et à combiner ces deux histogrammes en un seul de 10×10 bâtonnets. Nous arrivons alors à un vecteur de 100 éléments, $V = [f1, f2, \dots, f100]$ où chaque élément correspond à un bâtonnet de l'histogramme teinte-saturation.

10.5.2 Histogramme de couleur partiel

Une deuxième méthode connue pour représenter des images consiste à coupler la méthode décrite précédemment et donc d'utiliser des histogrammes de couleurs, mais cette fois, au lieu d'avoir un histogramme de l'image entière, plusieurs histogrammes seront utilisés

afin de représenter des sous images. Classiquement, on séparera une image en cinq zones se chevauchant comme le montre la figure 10-5.



Figure 10-5 Décomposition en cinq sous images

10.5.3 Anglogramme de couleurs

Il existe de nombreuses autres méthodes de représentation. Citons par exemple les anglogrammes de couleurs. Ceux-ci se basent sur la triangulation de Delaunay afin de représenter les corrélations spatiales au sein d'une image, invariantes aux zooms, rotations et translations. L'image est tout d'abord séparée en blocs ne se superposant pas. Ensuite, chaque bloc est étiqueté par sa saturation moyenne et sa teinte moyenne. A ce moment, l'image n'est plus représentée que par quelques points (un par bloc) qui ont chacun deux valeurs normalisées (allant de 1 à 10). Une triangulation de Delaunay est alors exécutée en suivant une valeur prédéfinie (par exemple sur les points de saturation égal à 5). Cette triangulation est ensuite codée dans un histogramme en gardant par exemple les deux plus grands angles de chaque triangle.

Nous ne rentrerons pas plus dans les détails concernant cette méthode. Pour plus de renseignement, le lecteur pourra se reporter aux articles publiés par William I. Grosky et Rong Zhao⁵¹.

10.6 Méthodes d'analyse d'images basées sur le contenu

Maintenant que nous avons vu que la méthode d'indexation basée sur la sémantique latente nous permettait de dégager des concepts et que nous sommes capables de représenter une image, nous pouvons nous attaquer au problème posé au début de ce chapitre à savoir : comment peut-on comparer des images afin de voir si elles représentent le même concept ?

Nous allons tenter d'expliquer ici des méthodes qui permettent dans certaines mesures de comparer des images entre elles afin de trouver celles qui sont similaires. Ces méthodes ont une approche basée uniquement sur les couleurs.

⁵¹ [ZHAO 2000], [ZHAO 2001], [ZHAO 2002 (1)], [ZHAO 2002 (2)]

10.6.1 LSI et histogramme de couleurs

Comme nous l'avons vu, chaque image doit dans un premier temps passer du modèle RVG, couramment utilisé, au modèle TSL. Ensuite, pour chaque pixel obtenu, la teinte et la saturation doivent être extraites et chacune quantifiée dans un histogramme de 10 valeurs. Il ne reste plus qu'à combiner les deux histogrammes h et s obtenus en un histogramme $h * s$ de 100 valeurs. L'image est donc représentée par un vecteur de 100 éléments, $V=[f1,f2,f3,...,f100]^T$ où chaque élément correspond à un bâtonnet dans l'histogramme teinte saturation.

Une fois cette étape réalisée pour toutes les images d'une base de données de 20 images par exemple, nous obtenons une matrice trait caractéristique/image de dimension 100x20 qui représente l'ensemble des images. Chaque rangée correspond à un élément du vecteur des caractéristiques et chaque colonne constitue le vecteur entier des caractéristiques d'une image.

Afin d'éliminer les éléments les moins importants et détacher les éléments les plus pertinents, nous appliquons une décomposition en valeurs singulières. Le résultat nous donne trois matrices respectivement U , S , V tel que $A = USV$. Les dimensions de U , S et V sont 100x100, 100x20 et 20x20 respectivement. A partir de cette décomposition, nous avons vu que nous pouvions tirer une approximation. Ici, une approximation de rang k où $k = 12$ est employée (avec k trouvé empiriquement). La nouvelle matrice obtenue est donc A_k tel que $A_k = U_k S_k V_k$ avec les dimensions de U_k , S_k et V_k égales à 100x12, 12x12, 20x12 respectivement.

La dernière étape est la définition du processus de requête. Pour cela, la distance entre le vecteur de l'image de la requête q et chacun des 20 vecteurs d de la matrice est calculée. Cette distance est définie par $\text{dist}(q,d) = qTd/\|q\| \|d\|$, où $\|q\|$ et $\|d\|$ sont les normes de ces vecteurs. On retrouve ici le cosinus de l'angle formé par les deux vecteurs dont nous avons déjà parlé.

10.6.2 Méthode traditionnelle

Les caractéristiques extraites des images forment les mêmes vecteurs V que précédemment. Néanmoins, la mesure de similarité se fera simplement en utilisant l'intersection des histogrammes. Cela est calculé pour une requête q et une image d par la formule :

$$\text{dist}(q,d) = \frac{\sum_{i=1}^{100} \min(Vq_i, Vd_i)}{\sum_{i=1}^{100} Vq_i}$$

Il n'y a donc plus de décomposition en valeur singulière ni de représentation matricielle de la base d'images ici.

10.6.3 Ajout d'annotations

Une autre méthode peut être envisagée. Cette méthode tente d'associer des annotations aux caractéristiques d'une image. Il semble en effet que cette technique mène à de meilleurs résultats que les précédentes⁵². Dans le cas des histogrammes de couleurs couplés avec la méthode LSI, les images étaient représentées par un vecteur de 100 éléments qui représentait la saturation couplée à la teinte. Il suffit alors de rajouter par exemple une dizaine de mots à ce vecteur. Plusieurs images dans la base de données se termineraient donc par les mêmes mots si elles représentent la même chose. Supposons que la requête soit uniquement constituée d'une image sans aucune annotation. Le vecteur comprenant cette requête serait donc constituée d'un vecteur de 110 éléments, les dix derniers étant nuls. Les expériences ont montré qu'il n'y avait quasi pas d'amélioration, ce qui est assez logique somme toute. Par contre, si l'utilisateur choisit l'image qui l'intéresse le plus lorsqu'il dispose des résultats de la requête, et que l'on remplace les dix dernières valeurs mises à zéro dans le vecteur de requête par les dix dernières valeurs de l'image choisie, après avoir relancé la requête, les résultats sont bien meilleurs.

10.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous vous avons présenté une approche pour combler le fossé entre les caractéristiques de bas niveau et les concepts de haut niveau dans la recherche documentaire. Nous avons vu que la méthode LSI était capable de mettre en relation des mots possédant la même sémantique afin de construire des clusters de concepts mais qu'elle était également capable de mélanger des mots à des images ou encore d'améliorer la recherche d'images. L'utilisation de LSI pour découvrir les structures sémantiques sous-jacente à des documents est une approche intéressante pour comprendre les documents à un niveau plus élevé, lequel représentant mieux la perception humaine.

⁵² [Zhao 2002 (2)]

Chapitre 11: La synthèse vocale

Dans le système mis en place, des PDA ont été couplés à des bornes PC afin de ne pas surcharger les écrans des appareils portatifs par de longs textes. Cependant, la visite pourrait être rendue nettement plus agréable si l'utilisateur ne devait tout simplement plus lire de texte. Une première solution, vaguement envisagée, aurait été de préenregistrer tous les textes, lus par le personnel du musée. Cette solution, peu envisageable en pratique, manque singulièrement de flexibilité. En effet, chaque texte devrait être réenregistré lors du moindre changement au sein d'un descriptif.

Afin de parer à ce problème, le champ de la synthèse vocale ou plus particulièrement celui des synthétiseurs Text-To-Speech (TTS) fût exploré⁵³. Leur but est de générer automatiquement des sons à partir de phrases écrites ou autrement dit de passer de la forme écrite (graphèmes⁵⁴) à la forme orale (phonèmes⁵⁵) d'un texte écrit. Plus besoin donc d'enregistrer vocalement chaque descriptif, il suffirait de donner le texte au programme et celui-ci le lirait à haute voix. Cependant, nous pouvons nous douter que ce n'est pas un processus trivial. Nous allons tenter tout au long de ce chapitre de l'expliquer en tenant compte du fait que les recherches menées actuellement ne mènent pas à des solutions parfaites. Il est à noter que ce chapitre ne donne qu'un aperçu de ce champ de recherche.

11.1 Définition

[VANNIER 99] définit la synthèse vocale comme la technologie qui permet d'automatiser la production d'une parole artificielle par une machine. C'est l'implémentation d'un processus qui permet de transformer un message symbolique ou un ensemble de paramètres de commandes, en message acoustique.

Selon [DUTOIT 97], il ne s'agit donc pas d'un simple système à même de lire des phrases préenregistrées mais bien d'un système capable de produire de nouvelles phrases. Distinguons encore les systèmes dits « Serveurs Vocaux Interactifs » qui concatènent simplement des mots isolés pour former une phrase. Ces systèmes ne sont applicables que dans certains contextes, comme pour prévenir des arrivées de trains dans les gares, où le nombre de mots différents est peu élevé. Il serait en effet impossible (et peu efficace en pratique) d'enregistrer tous les mots d'une langue. Nous pouvons donc définir la synthèse vocale comme « *La production automatique de la parole, à travers une transcription graphèmes vers phonèmes des phrases jusqu'à la parole* »

Même si, à première vue, cette tâche peut paraître aisée puisque nous sommes tous capables dès notre enfance de la réaliser, elle nécessite encore des approfondissements dans

⁵³ Attention, il ne faut pas confondre synthèse vocale et synthétiseur Text-To-Speech. La synthèse vocale n'est qu'une partie de ce dernier.

⁵⁴ Petit Larousse illustré 1991 : Ling : unité graphique minimale entrant dans la composition d'un système d'écriture.

⁵⁵ Petit Larousse illustré 1991 : Ling : son d'une langue, défini par les propriétés distinctives (traits pertinents) qui l'opposent aux autres sons de cette langue.

les connaissances de l'intelligence humaine. La qualité d'un tel système dépend à la fois du naturel, de l'intelligibilité⁵⁶ de la parole générée et des caractéristiques propres à la voix produite.

11.2 Bref historique

Les premières machines capables de parler voient le jour au 18^e siècle. Il ne s'agit bien entendu que de simples mécaniques capables d'articuler des sons. Par exemple, en 1779, Christian Kratzenstein a fabriqué un résonateur qui produisait des sons de voyelles simples. Les mécaniques vont par la suite évoluer, allant jusqu'à pouvoir énoncer des phrases grâce aux manipulations d'un utilisateur (Riesz en 1937).

Ce n'est que plus récemment, depuis l'apparition de l'ère électronique il y a plus ou moins 60 ans, qu'une évolution plus rapide des recherches voit le jour. Le grand changement consiste en l'observation du signal en lui-même et non plus en l'observation de la physiologie humaine : la production est étudiée plutôt que l'appareil de production. Les premiers systèmes par concaténation d'unités voient le jour ainsi que le système de synthèse par règle.

Le premier synthétiseur est commercialisé par IBM France en 1965. Il s'agit d'un vocodeur, appareil de type électrique, qui effectue de la synthèse par mots. Il produisait un bourdonnement périodique (proche des vibrations du larynx) et un bruit aléatoire (proche de la turbulence) et comportait une série de filtres qui engendraient des effets analogues aux résonances de l'appareil vocal. Il était possible de produire, avec cette machine, quelque chose de vaguement ressemblant à la parole humaine mais la manipulation était très complexe.

Des exemples de sons provenant de ces « anciens synthétiseurs » peuvent être trouvés dans [MOREL].

11.3 Un peu d'ingénierie linguistique

Avant d'aller plus loin, expliquons brièvement les concepts qui vont être employés. Un discours peut être découpé en phrases, elles-mêmes découpées en mots. Ces mots sont formés à l'aide de *morphèmes*, c'est-à-dire à l'aide de racines ou d'affixes qui constituent les plus petites unités de sens. Ces morphèmes peuvent également être découpés en unités plus petites : les *phonèmes*.

Le *phonème* est une unité sonore non significative de langue qui n'est pas susceptible d'être dissociée en unités plus simples. Il est constitué par un son ou, plus souvent, par une classe de sons apparentés appelés *allophones*. Les phonèmes sont caractérisés par un ensemble de traits distinctifs c'est-à-dire un ensemble de traits qui les différencient des autres phonèmes de la langue. Le phonème est donc dépendant du système d'une langue donnée. Chaque langue comporte un nombre limité de phonèmes : entre 10 et 100 selon les langues, en

⁵⁶ Regroupe deux choses : la compréhension des syllabes, mots et phrases d'un texte, et interprétation rapide et facile (voix semblant naturelle)

moyenne 33 (le français en comporte 36). Dans la notation phonétique, les phonèmes sont représentés entre barres obliques, alors que les allophones sont symbolisés par des crochets. Par exemple, le phonème espagnol /d/ a deux allophones, un [ð] fricatif et un [d] occlusif. Les phonèmes /b/ et /m/ sont des phonèmes dans la mesure où ils permettent de distinguer des mots - des unités de sens - différents, comme dans ce cas les mots « balle » et « malle ». La confusion entre le [b] et le [v] chez les hispanophones ou entre le [l] et le [r] chez les japonais qui parlent français s'explique par le fait que ces sons ne sont pas, dans les systèmes linguistiques respectifs, considérés comme des phonèmes différents mais bien comme des variantes du même phonème.

Les *phones* ou *allophones* représentent chacun des réalisations concrètes d'un phonème, caractérisables par des **propriétés physiques** (acoustiques, articulatoires, ...). Ils constituent l'unité de base de la phonétique. C'est ce que l'on retrouve dans tout dictionnaire pour nous aider à prononcer un mot. Ils sont indépendants du langage. Ceux-ci ont été créés par l'International Phonetic Association en 1886 dans le but d'avoir un symbole par son, indépendamment du langage.

Malheureusement, dans la pratique il ne suffit pas de concaténer ces phonèmes pour obtenir la prononciation d'un mot ou d'une phrase. Les modèles doivent intégrer un phénomène bien humain : la *co-articulation*. En effet, la prononciation d'un phonème dépend des phonèmes adjacents. Deux solutions peuvent être utilisées pour contourner cette difficulté. Nous pouvons soit utiliser les *allophones* soit employer des *diphones*. Les diphones ont été inventés parce qu'ils contiennent intrinsèquement les séquences de transitions entre les phonèmes. Un diphone correspond au son émis du milieu d'un phonème jusqu'au milieu du phonème suivant. Il y a donc 1296 diphones en français (36x36). A l'enregistrement, le diphone [ba], par exemple, peut-être extrait de la séquence [bato]. Pour cela, on découpe au milieu du [b] et à droite du [a]. Ainsi, pour composer le mot « bal », il faudra concaténer les diphones [#b], [ba], [al] et [l#].

Voyons pragmatiquement, quelles sont les différentes « couches » présentes dans un texte⁵⁷. Prenons la phrase « Il a **bu** » et « Il a **pu** ».

1. Au niveau phonétique / phonologique, on met en opposition les deux phonèmes /b/ et /p/. (axe paradigmatique). Ce qui est étudié c'est le rôle distinctif joué par l'opposition "p" et "b" qui apportera un sens différent.
2. Au niveau morphologique, on observera la structure "il a -u" où /u/ joue un rôle fondamental. On verra qu'on a affaire à deux passés composés de deux verbes du même groupe commutables sur un axe paradigmatique.
3. Du point de vue lexicologique, on comparera "boire" à "pouvoir" qui renvoient tous deux à une image mentale empirique.
4. La sémantique s'intéressera à la contribution de *bu* et *pu* au sens de la phrase.
5. Au niveau de la syntaxe, on analyse les combinaisons de formes.
6. L'énonciation et la pragmatique étudient l'influence de la situation d'énonciation et des réalités extra-linguistiques (= données qui ne font pas partie du système de la langue mais du monde).

⁵⁷ Exemple tiré de [DIDEROT 2000]

11.4 Les synthétiseurs Text-To-Speech

Les systèmes de synthèse à partir de texte (T.T.S. : Text-To-Speech system) sont des systèmes capables d'énoncer à haute voix des textes reçus en entrée. On peut schématiquement les décomposer en deux parties. La première sera chargée de transformer le texte en une chaîne de phonèmes avec des marqueurs prosodiques⁵⁸ et la seconde transformera ces données en données acoustiques transmises au synthétiseur (Figure 11-1).

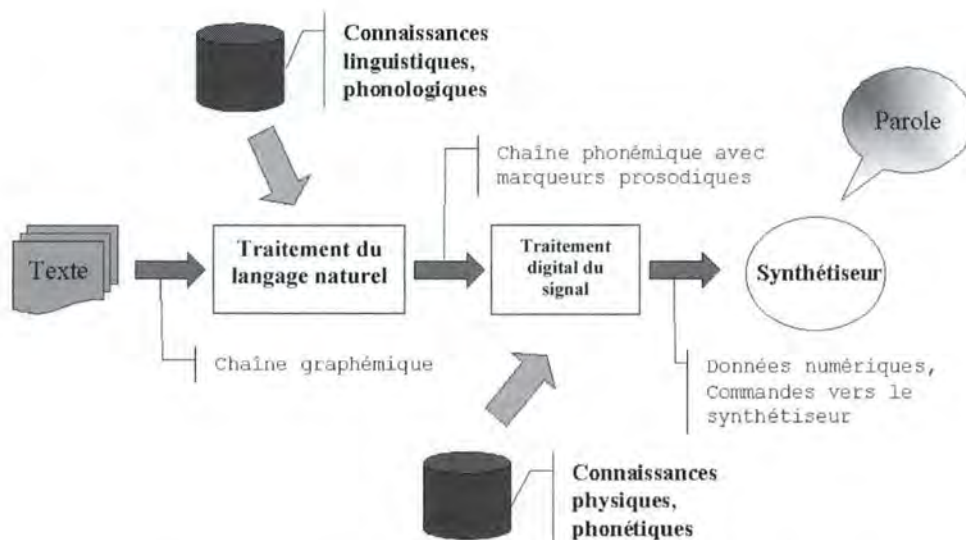


Figure 11-1 Schéma général d'un système de synthèse à partir du texte⁵⁹

Il paraît évident qu'une machine capable de lire n'adopterait pas le même schéma de traitement que celui employé par les humains, que se soit pour l'analyse ou pour la production de la parole en elle-même. En effet, les sons vocaux sont gouvernés par la pression de nos poumons, la tension de notre glotte, et notre configuration nasale et vocale évolue avec le temps. Tout cela étant contrôlé par notre cortex. Pourtant, dans les recherches actuelles en ingénierie linguistique, construire un synthétiseur Text-To-Speech sur un tel modèle est presque scientifiquement concevable : la recherche sur la synthèse articulatoire, les réseaux de neurones, l'analyse sémantique nous le prouvent. Cependant, le résultat consisterait en une machine avec un grand degré de complexité non nécessairement compatible avec les critères économiques. C'est pourquoi quelques raccourcis devront parfois être envisagés.

11.4.1 Traitement du langage naturel

Voyons maintenant plus en détail comment fonctionne un synthétiseur Text-To-Speech en nous basant sur [DUTOIT 96]. Commençons par voir comment se décompose le

⁵⁸ Marqueurs représentant le rythme et l'intonation

⁵⁹ [VANNIER 99]

module de traitement du langage naturel ou Natural Language Processing module (NLP module). Nous verrons notamment que des connaissances d'ordre morphosyntaxique doivent être déduites afin d'arriver à une bonne intonation. C'est pourquoi des analyseurs morphosyntaxiques se retrouvent dans ce module. La figure 11-2 nous montre comment il se décompose.

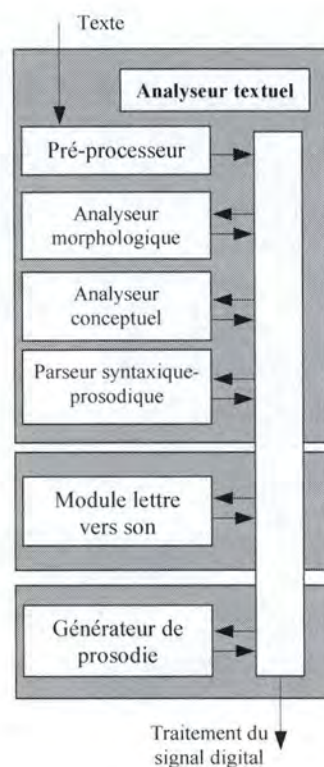


Figure 11-2 Module de traitement du langage naturel

L'analyseur textuel

Le but de l'analyseur textuel est de décomposer les phrases en séquences bien définies reliées entre elles. A cette fin, il utilise un pré processeur qui organise les phrases en entrée en listes de mots. Il identifie les mots, les acronymes, les abréviations et les idiomatiques puis les convertis en texte quand c'est nécessaire. Une fois cela réalisé, le module d'analyse morphologique propose toutes les parties possibles des catégories de parole pour chacun des mots et ce sur la base de leur orthographe. Afin de réduire la liste des catégories possibles de paroles à un nombre très restrictif et probable, un analyseur contextuel considèrera chacun des mots avec ses voisins. Il s'agit de distinguer les homographes par exemple (« Les poules du couvent couvent ») afin de les prononcer différemment. Enfin, un parseur syntaxique prosodique recherchera les espaces et organisera les phrases en séquence de mots.

La phonémisation automatique

Il convient maintenant de transformer le texte obtenu en une description phonétique. C'est le but du module lettre vers son ou Letter-To-Sound (LTS) qui est responsable de la détermination automatique de la transcription phonétique du texte reçu en entrée.

A première vue, il semblerait qu'il suffise simplement de regarder dans un dictionnaire phonétique afin de trouver cette transcription. Malheureusement, ce n'est une nouvelle fois pas si simple. En effet, la plupart des mots présents dans un texte ne sont pas repris dans le dictionnaire :

- les dictionnaires de prononciations ne tiennent compte que de la prononciation des racines sans tenir compte des pluriels, féminins etc. qui peuvent faire changer la prononciation
- certains mots possèdent plusieurs entrées dans le dictionnaire comme dans l'exemple précédent (« Les poules du couvent couvent »)
- les dictionnaires de prononciations produisent souvent quelque chose se rapprochant plus d'une transcription en phonèmes plutôt qu'en phones
- les mots dans une phrase ne sont pas prononcés de la même façon que s'ils étaient isolés. Il y a notamment des liaisons qui se font.
- finalement, tous les mots ne peuvent pas être trouvés dans un dictionnaire phonétique : la prononciation des nouveaux mots et des noms propres doit pouvoir être déduite des mots connus.

Clairement, les points 1, 2 et partiellement le point 3 dépendent fortement d'une analyse morphosyntaxique préliminaire de la phrase à lire. Le point 4 quant à lui demande une analyse syntaxique et métrique de la phrase tandis que le point 5 peut être partiellement résolu en composant des morphèmes et/ou en trouvant des analogies graphémiques entre les mots.

Il est donc possible d'organiser la tâche d'un module LTS de différentes façons souvent classifiées en stratégie basée sur dictionnaire et stratégie basée sur des règles (figure 11-3) même si de nombreuses solutions intermédiaires existent.

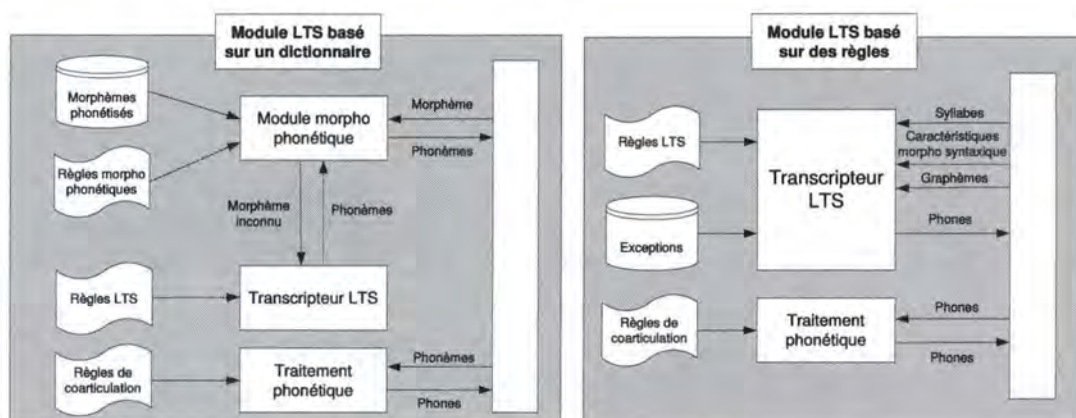


Figure 11-3 Phonémisation basée sur dictionnaire (gauche) – basée sur des règles (droite)

Les solutions basées sur un dictionnaire consistent à enregistrer un maximum de connaissances phonologiques dans un lexique. Ces entrées sont généralement réduites à des morphèmes pour éviter un lexique trop expansif. La prononciation des mots est donc composée grâce à une recherche dans ce lexique et à des règles morphophonétiques. Les mots ne se trouvant pas dans le lexique sont transcrits à l'aide de règles. Enfin, afin de tenir compte du phénomène de coarticulation, un module dédié à cela sera chargé de la tâche finale : transformer les phonèmes en phones⁶⁰.

Les systèmes de transcription basés sur des règles remplacent le dictionnaire par des règles Letter-To-Sound ou graphème vers phonème. Seules les exceptions à ces règles sont enregistrées dans un lexique.

Génération de la prosodie

Lorsque nous parlons, nous effectuons différentes intonations suivant la ponctuation, le contexte, notre humeur, la reprise du souffle. Une synthèse vocale, peut et doit reproduire les intonations liées à la ponctuation. Le contexte, l'humeur et la reprise du souffle sont plus difficiles à reproduire. La prosodie liée à la ponctuation ne doit pas être exagérée, ne doit pas avoir un rythme saccadé et ne doit pas couper des fins de mots.

Nous pouvons définir la prosodie comme l'ensemble des phénomènes d'intonation d'une langue. La prosodie regroupe, en fait, les caractéristiques de la parole continue qui contribuent à la perception de celle-ci comme constituant un flux auditif cohérent, rythmé et intonné de façon naturelle.

Il est aisé de monter que des énoncés bien "articulés", mais non intonnés, c'est à dire sans variation prosodique ou avec des variations mal réalisées, peuvent être mal compris ou pas compris du tout. C'est ce que l'on peut constater chaque fois que l'on entend de la parole perturbée soit parce qu'il y a des raisons pathologiques physiques ou psychologiques qui bloquent le contrôle de la prosodie, soit parce que cette parole a été prononcée par un locuteur apprenant une seconde langue qu'il maîtrise mal. Un autre exemple où une prosodie correcte est nécessaire est lorsque deux phrases ont le même contenu phonétique mais des sens différents. Par exemple, la phrase : « le papa dit » peut aussi se comprendre comme « le pape a dit » si la prosodie est mauvaise.

Cela est dû au fait que la prosodie a un double rôle : d'une part elle contribue à l'organisation syntaxique et discursive du discours, et d'autre part, en tant que gestuelle vocale, elle permet l'expression des attitudes et des émotions dans une langue donnée.

Si l'organisation rythmique et intonative n'existe pas ou est fausse, elle n'est pas reconnue et il ne peut pas y avoir compréhension par regroupement en morphèmes et mots, même si chaque phone pris isolément est réalisé correctement. Inversement, une bonne organisation rythmique et intonative conduit à une bonne compréhension même si la réalisation des segments n'est pas partout satisfaisante⁶¹.

⁶⁰ Module optionnel. Nous verrons par la suite que le module de génération du son peut très bien se contenter de phonèmes

⁶¹ [BIGOT 98]

Nous voyons donc que la prosodie constitue un élément important d'un synthétiseur Text-To-Speech. Sans entrer dans le détail⁶², nous dirons que le module de génération de la prosodie couple les phonèmes obtenus avec des marqueurs de prosodie adéquats.

11.4.2 Traitement digital du signal

La génération de son peut être obtenue via deux alternatives :

- explicitement, dans la forme d'une série de règles lesquelles décrivent formellement l'influence des phonèmes sur les autres.
- implicitement, en enregistrant des exemples de transitions phonétiques et de coarticulation dans une base de données de segments de paroles, et les utilisant comme unités acoustiques primaires (à la place des phonèmes).

Deux classes principales de système de synthèse ont émergé de cette alternative : la synthèse par règles et la synthèse par concaténations.

Synthèse par règles

Préférés par les phonéticiens et les phonologues, les synthétiseurs à base de règles constituent une approche plus cognitive des mécanismes de phonation. Cette méthode consiste en un stockage de valeurs cibles et de règles de transitions entre ces cibles, et nécessite une bonne analyse du signal naturel. Cependant, la qualité de ces synthétiseurs n'est pas encore optimale tout simplement parce que les règles d'un haut degré de naturel doivent encore être découvertes.

Synthèse par concaténations

Opposés aux synthétiseurs à base de règles, les synthétiseurs par concaténations possèdent des connaissances très limitées des données qu'ils manipulent, leurs buts étant simplement de concaténer des éléments sonores (phones, dipphones, triphones, syllabes, ...). Ces sons ou unités sonores naturelles, mises bout à bout dans un ordre précis et par le biais d'opérations mathématiques, permettront d'oraliser tous les messages et textes possibles. Cette méthode est principalement utilisée en synthèse vocale. C'est notamment la technique utilisée par le professeur Thierry Dutoit des Facultés Polytechniques de Mons⁶³ dans le projet MBROLA⁶⁴.

Le diphone comme unité élémentaire du langage est l'unité la plus généralement utilisée par les systèmes de synthèse par concaténations. Dans ce cas, il faudra donc pratiquer un recensement de tous les dipphones d'une langue et les enregistrer par après. Pour le français, 1296 dipphones devront donc être enregistrés. Ce nombre peut néanmoins varier, de nouveaux dipphones devant se rajouter et d'autres s'enlever puisque tous les dipphones n'existent pas dans le langage parlé. Par exemple, tous les dipphones constitués d'une consonne suivie d'un [N] n'existent pas puisque [N] suit obligatoirement une voyelle.

⁶² La génération automatique de la prosodie reste encore un déficit majeur des systèmes de synthèse vocale. Les recherches tentent à prouver qu'elle peut être dérivée simplement à l'aide de la syntaxe.

⁶³ [DUTOIS 96]

⁶⁴ [MBROLA]

Il reste encore un point à soulever. Qu'en est-il de la fréquence d'échantillonnage ? En effet, la qualité de la voix en dehors de toute considération prosodique est un critère de qualité essentiel pour tout synthétiseur vocal. La fréquence d'échantillonnage doit donc permettre aux auditeurs de bien comprendre la voix. Cependant, plus la taille de l'échantillon est grande plus la qualité augmente mais plus les performances diminuent. L'avancée technologique actuelle permet d'envisager la mise en œuvre de bases de diphtonges échantillonnées à 22 kHz. Fort heureusement, des tests perceptifs ont montré qu'au-delà de cette fréquence, les différences de qualité entre les enregistrements sont quasiment inaudibles.

11.5 Recherches actuelles

Les dernières avancées dans les champs du traitement du langage naturel ou du traitement du signal digital ont récemment augmenté la qualité et le naturel des voix disponibles et il est fort probable que cela continue.

Parmi les recherches actuelles, citons le projet MBROLA dont nous avons parlé même si celui-ci n'est pas un synthétiseur Text-To-Speech. Il prend une liste de phonèmes en entrée associée avec des informations prosodiques et produit des phrases à la fréquence d'échantillonnage de la base de diphtonges. Cette partie de synthétiseur TTS est fournie gratuitement et possède déjà de nombreuses bases de données de diphtonges en plusieurs langues. Elle peut donc être couplée à n'importe quel autre programme. C'est notamment le cas de FreeTTS 1.1.1 qui est un système de synthèse vocale écrit entièrement en Java. Il permet d'intégrer le synthétiseur MBROLA même s'il utilise à la base Flite 1.1⁶⁵, programme de synthèse vocale développé par l'université Carnegie Mellon. Flite se base notamment sur Festival⁶⁶ qui est un synthétiseur TTS multilingue développé par le centre pour la recherche liée aux technologies de la parole à l'université d'Edinburgh.

Il existe déjà des navigateurs Web⁶⁷ ou de simple plug-in, spécialement adaptés pour les handicapés, capable de lire à haute voix le contenu des pages HTML. Le lecteur intéressé par quelques démonstrations de logiciels trouvera des exemples de Text-to-Speech via le logiciel Kali⁶⁸ ainsi que d'autres logiciels⁶⁹ et un exemple de synthétiseur vocal via MBROLA⁷⁰.

⁶⁵ <http://freetts.sourceforge.net/docs/index.php>

⁶⁶ <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/>

⁶⁷ Un exemple de navigateur Web, IBM Home Page Reader, peut être consulté sur <http://www-3.ibm.com/able/hpr.html>

⁶⁸ <http://tic.ctn.asso.fr/entreprises/2568-Electrel.htm>

⁶⁹ <http://www.archangelis.com/cgi-bin/website/raphael.cgi>,

<http://www.microvocal.com/synthese.html>, http://www.serveurvocal.com/index_fr.html

⁷⁰ <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html>

Conclusion

En collaborant avec les historiens du Musée Royal de l'Armée et d'Histoire Militaire, nous avons pu nous rendre compte de la quantité impressionnante d'informations liées aux collections exposées. Nous avons également pu observer qu'une quantité non négligeable de celles-ci n'étaient pas disponibles pour la majorité des visiteurs. Elles constituent pourtant une valeur ajoutée indispensable à la bonne compréhension des collections tant au niveau du contexte historique que des œuvres elles-mêmes.

Dans cette optique, nous avons tenté de mettre en évidence l'opportunité que constituent les technologies de l'information et de la communication afin d'intégrer dans un nouveau système cette masse d'informations muséales. Nous avons vu que l'exploitation de ces données ne se limitait pas aux visites mais qu'elle pouvait être envisagée à plus grande échelle. Le présent mémoire illustre également l'intérêt pour le conservateur d'adopter un tel système. Il lui offre en effet la possibilité de se charger lui-même de la conception et de l'intégration de ces informations.

En outre, nous avons démontré que les méthodes traditionnelles de présentation des collections présentaient des lacunes évidentes et que les technologies actuelles permettaient de répondre à ce problème.

Par le développement d'une application, nous avons montré que le service fournit au visiteur pouvait être amélioré à court terme en mettant en œuvre ces technologies. En nous penchant sur des champs de recherche, nous avons également tenté de définir des perspectives d'amélioration à plus long terme.

Nous espérons avoir fait prendre conscience au lecteur que l'avenir des musées se veut résolument basé sur les nouvelles technologies. De cette constatation naît un paradoxe. Alors que le temps avance inexorablement et que les vestiges de notre passé appartiennent à des époques de plus en plus éloignées, le visiteur se sentira de plus en plus proche des œuvres exposées grâce à l'amélioration du service fournit par les musées.

Bibliographie

- [AGDER 2002] D. K. Jonsson, Jorgen Olavesen, « Estimated accuracy of location in mobile networks using E-OTD », Master thesis in ICT, Agder University College, mai 2002.
- [ALCATEL 2001] M-A. Dru, S. Saada, « Les services mobiles basés sur la localisation : Les incontournables », *Revue des Télécommunication d'Alcatel*, 1^{er} trimestre 2001.
- [BIGOT 98] D. Bigot, P. Charbonnier, S. Guilbert, « Le synthétiseur vocal », 1998, <http://www.utc.fr/~gapenne/Projets/A98/A98pr02.html> (Dernier accès le 15/05/03)
- [COMMENT WEB] Comment ça marche, <http://www.commentcamarche.net> (Dernier accès le 30/05/03)
- [COOLTOWN] Cooltown beacons, http://cooltown.hp.com/beacon_full.htm (Dernier accès le 30/05/03)
- [CYBERGUIDE 96] S. Long, R. Cooper, G.D. Abowd, C.G. Atkeson, « Rapide Prototyping of Mobile Context-Aware Applications: The CyberGuide Case Study », *Proceedings of 2nd ACM International Conference on Mobile Computing*, 1996.
- [DIDEROT 2000] D. Diderot, Introduction à la démarche linguistique, http://talana.linguist.jussieu.fr/~weini/LG_00-01/TD01.html. (Dernière mise à jour le 28 octobre 2000) (Dernier accès le 30/05/03)
- [DUTOIT 96] T. Dutoit, « A Short Introduction to Text-to-Speech Synthesis », <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html> (Dernière mise à jour le 17 décembre 1999) (Dernier accès le 24/04/03)
- [HIPS 97] J. Broadbent, P. Marti, « Location aware mobile interactive guides: usability issues », ICHIM'97, Paris, Septembre 1997.
- [ING LING] G. Deville, Introduction aux concepts essentiels d'ingénierie linguistique, Cours de maîtrise en informatique, FUNDP, 2003.
- [JBL 2002] J.B. Van Zuylen, L. Kevers, « Création et exploitation d'archives audio-numériques », mémoire, Juin 2002.
- [MBROLA] MBROLA project, <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html> (Dernière mise à jour le 4 avril 2002) (Dernier accès le 24/04/03)
- [MDL 2002] N. Habra, Méthodes de développement de logiciels, Cours de maîtrise en informatique, FUNDP, 2002.

- [MIM 2000] Cécile Graillet, « Le Musée des Instruments de Musique : Utilisation des technologies de l'information et de la communication en scénographie : quels moyens faut-il ? », Cellule Cyber-Reportage, http://www.cfwb.be/rencontres/bruxelles/aqwby/cyber_visites06.html (Dernière mise à jour le 3 octobre 2000) (Dernier accès le 30/05/03)
- [MOBSVG] W3C, « Mobile SVG Profiles: SVG Tiny and SVG Basic », www.w3.org/TR/SVGMobile, 14 Janvier 2003. (Dernier accès le 30/05/03)
- [MOREL] M. Morel, « La recherche appliquée en synthèse de la parole : historique, méthodologie et perspectives », http://www.u-grenoble3.fr/idl/Conferences/confMOREL_fichiers/frame.htm (Dernier accès le 24/04/03)
- [NOBEN IESN] K. Noben, Cours d'analyse orienté objet – IESN, <http://www.info.fundp.ac.be/~kno/iesn/>. (Dernier accès le 30/05/03)
- [ROSSATI 2001] C. Rossati, « Evaluation de la gestion de la position pour les systèmes mobiles (GPSM) », Travail de diplôme EDUSWISS, 10 décembre 2001.
- [SPECSVG] W3C, « Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification », www.w3.org/TR/SVG11, 14 Janvier 2003. (Dernier accès le 30/05/03)
- [TRIDENT] Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur), « Tool foR an Interactive Development ENvironment », www.info.fundp.ac.be/~emb/Trident.html, 15 Avril 1999. (Dernier accès le 30/05/03)
- [TRIMBLE GPS] All About GPS, TRIMBLE, <http://www.trimble.com/gps/index.html>. (Dernier accès le 30/05/03)
- [VANNIER 99] G. Vannier, « Etude des contributions des structures textuelles et syntaxiques pour la prosodie : application à un système de synthèse vocale à partir du texte », thèse de doctorat de l'université de CAEN, Juin 1999, <http://users.info.unicaen.fr/~vannier/Pages/Travail/TableMatières.html> (Dernier accès le 24/04/03)
- [ZHAO 2000] Rong Zhao and William I. Grosky, « From Features to Semantics: Some Preliminary Results », *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, New York, New York, 2000.
- [ZHAO 2001] Rong Zhao and William I. Grosky, « Bridging the Semantic Gap in Image Retrieval », *Distributed Multimedia Databases: Techniques and*

Applications, T. K. Shih (Ed.), Idea Group Publishing, Hershey, Pennsylvania, 2001.

- [ZHAO 2002 (1)] Rong Zhao and William I. Grosky, « Negotiating the Semantic Gap: From Feature Maps to Semantic Landscapes », *Pattern Recognition*, 35(3), pp. 593-600, 2002.
- [ZHAO 2002 (2)] Rong Zhao and William I. Grosky, « Narrowing the Semantic Gap – Improved Text-Based Web Document Retrieval Using Visual Features », *IEEE Transactions on Multimedia* , 4(2), pp. 189-200, 2002.

Annexes

Annexe A: Use Case

UC Gérer Musée

Regroupe les modules de gestion des salles, des thèmes, des objets, des documents et des données annexes et utilise le module s'identifier.

UC Gérer Salle

Un membre du personnel crée, modifie ou supprime une salle. Les informations associées à une salle sont :

- un nom
- un texte
- un thème général de la salle (via Gérer Thème)
- un liste d'objets non exposés dans une vitrine (via Gérer Objets)
- une liste de vitrines (via Gérer Vitrine)

UC Gérer Thème

Un membre du personnel crée, modifie ou supprime un thème. Il existe 3 sortes de thèmes :

- Les thèmes généraux de salle
- Les sous thèmes
- Les parcours thématiques

Les informations associées à un thème sont :

- un nom
- un descriptif
- une liste d'objets associés au thème
- une liste de documents
- une liste de liens vers des entités
- le thème parent dans le cas d'un sous thème

UC Gérer Objet

Un membre du personnel crée, modifie ou supprime un objet. Les informations associées à un objet sont :

- un nom
- un type d'objet
- un descriptif
- le chemin d'accès à l'image de l'objet
- sa localisation (vitrine, salle, réserve) et son numéro dans la vitrine si l'objet est localisé dans une vitrine
- une liste de liens vers des entités
- une liste de documents

UC Gérer Donnée Annexe

Un membre du personnel crée, modifie ou supprime une donnée annexe. Les informations associées à une donnée annexe sont :

- un nom
- un type (personnage, pays, famille,...) et les caractéristiques propres au type
- un descriptif
- une liste de liens vers des entités
- une liste de documents

UC Encoder Document

Un membre du personnel ajoute ou supprime des documents d'archive (vidéo, texte, son, image) en fournissant un nom, un chemin d'accès et éventuellement des retranscriptions en d'autres langues.

UC Gérer Vitrine

Un membre du personnel ajoute ou supprime des objets à l'intérieur d'une vitrine, s'occupe de la disposition des objets dans les vitrines (via Gérer Plan), saisi les propriétés de la vitrine (numéro, emplacement).

UC Gérer Plan

Un membre du personnel construit un plan de salle ou de vitrine en définissant l'emplacement respectivement des vitrines et des objets dans le plan.

UC Effectuer une visite normale

Un visiteur consulte les informations encodées sur les objets, salles, thèmes, vitrines, données annexes et les documents en utilisant notamment les liens créés dans l'encodage.

UC Effectuer une visite personnalisée

Un visiteur effectue une visite en définissant un certains nombres de critères :

- Nom de donnée annexe
- Critère d'ordre chronologique
- Type et catégorie d'objet

Ces critères lui fournissent une liste d'objet et de thèmes qu'il utilise afin de réaliser sa visite.

UC Effectuer une visite préparée

Un visiteur sélectionne une liste de favoris parmi les thèmes et objets du musée (Via Préparer Visite). Il effectue ensuite une visite, via son appareil portable, qui est limitée à l'ensemble des thèmes et des objets définis dans sa liste de favoris.

UC Préparer visite

Un visiteur effectue un choix parmi les objets et les thèmes afin de construire sa liste de favoris. Cette liste servira à effectuer une visite préparée une fois le visiteur arrivé au musée et muni d'un appareil portatif.

Annexe B: IHM

Schéma général

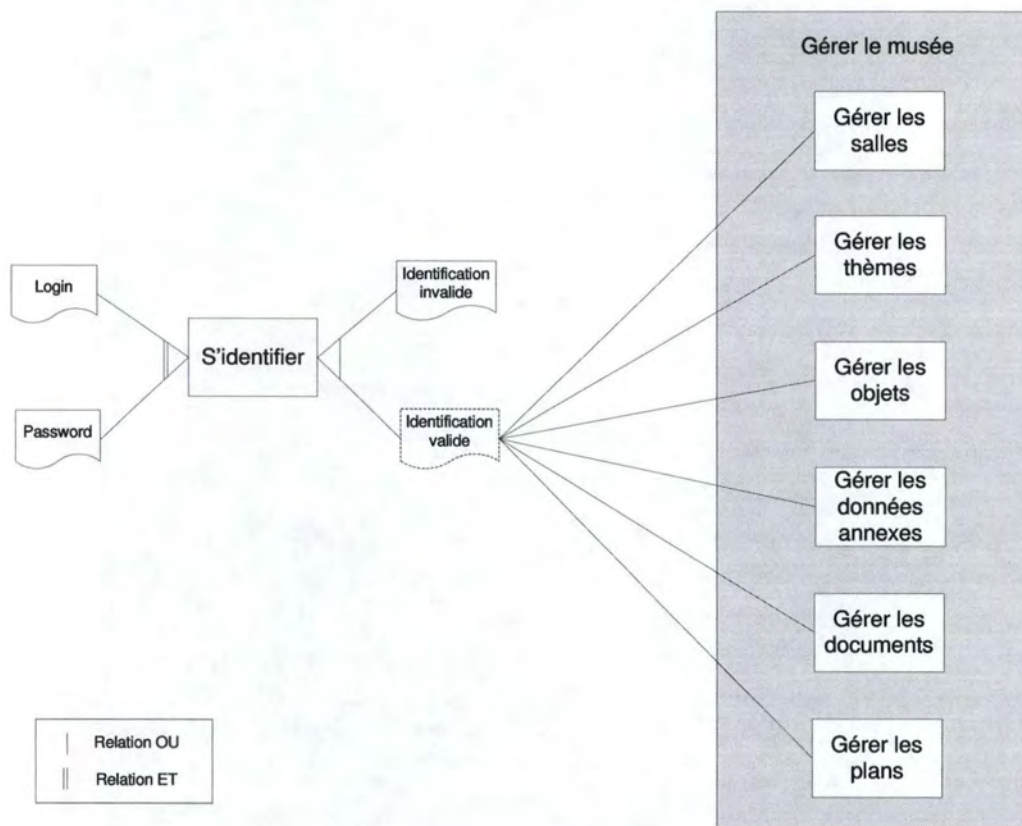
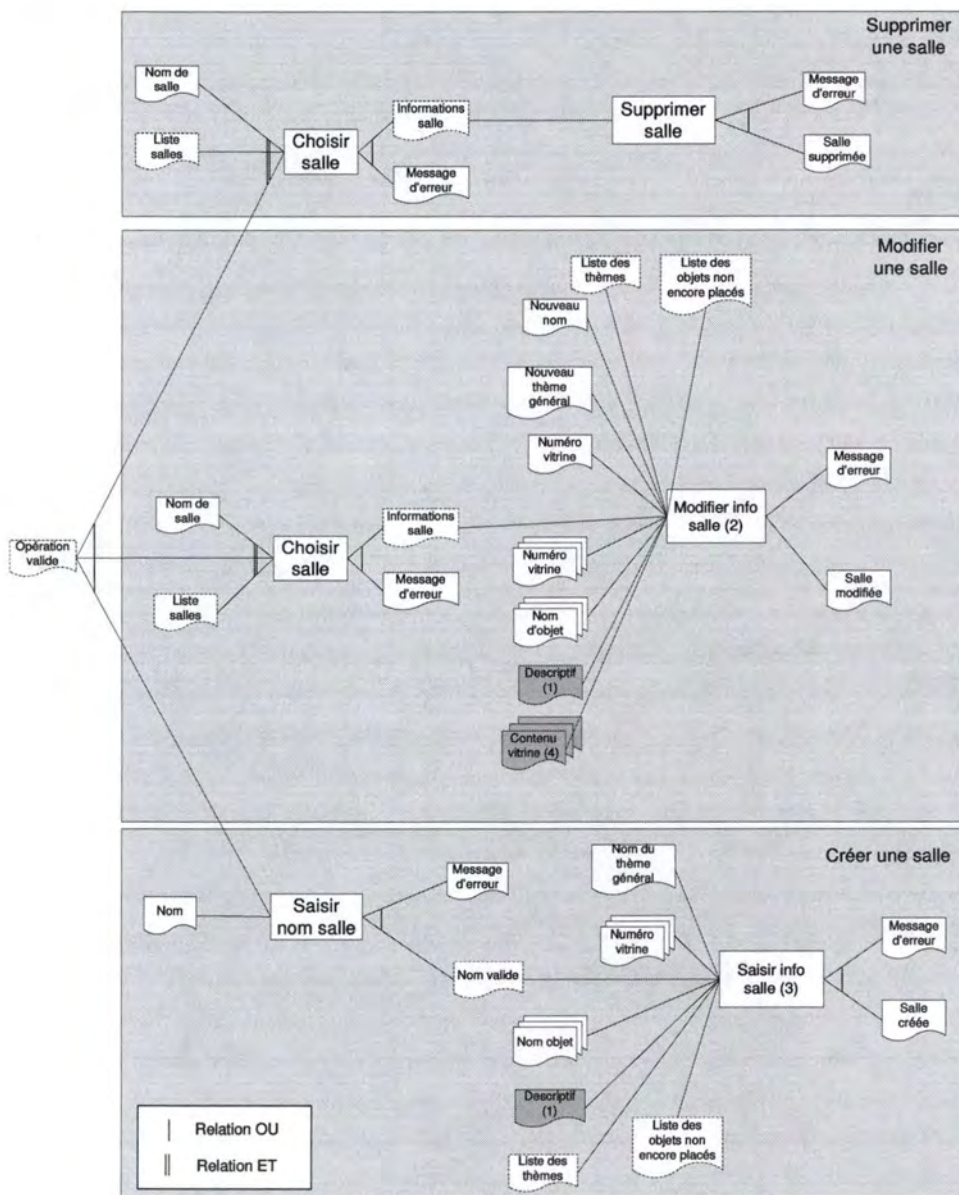


Figure B-1 Graphe d'enchaînement global

Schéma SALLE



(1) Résultat du but « Saisir/modifier descriptif » (ce diagramme est repris dans la section 4.2.2)

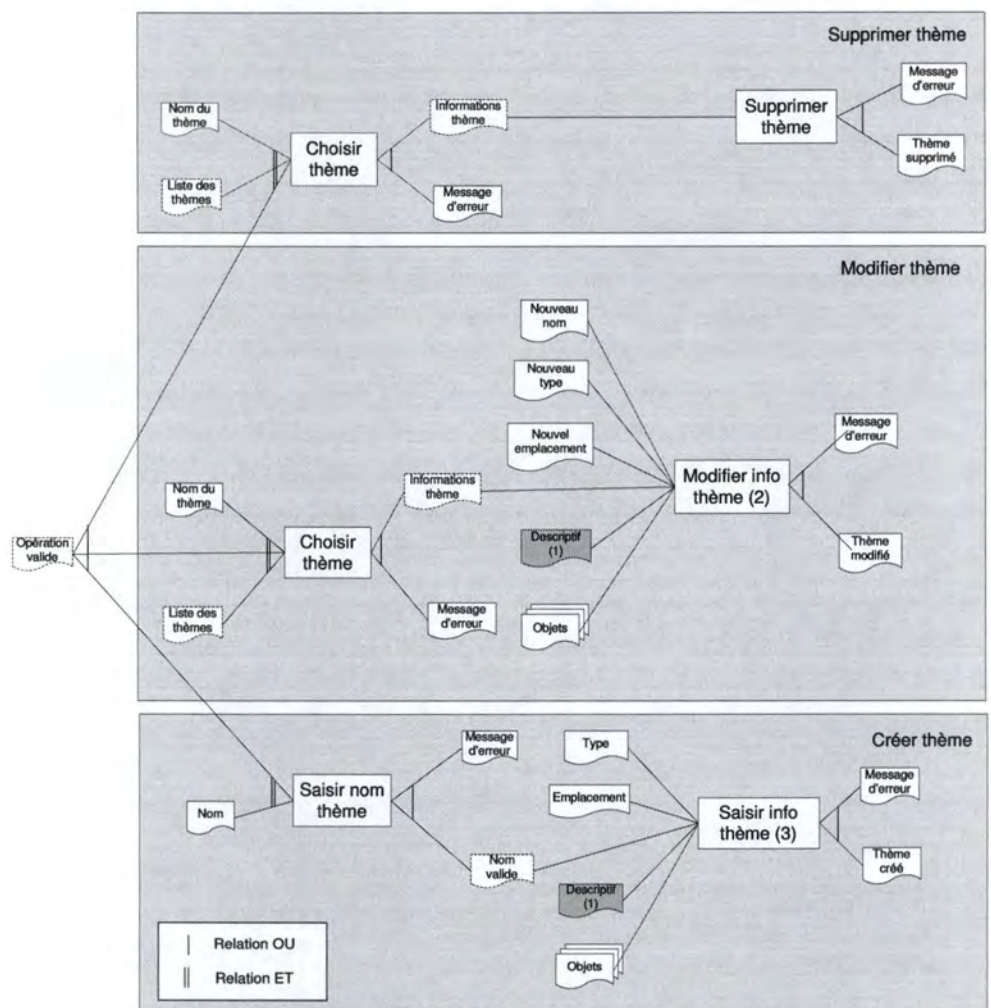
(2) Reprend les tâches « Modifier thème général », « Modifier descriptif », « Ajouter/supprimer des objets », « Ajouter/supprimer des vitrines », « Modifier contenu vitrine » et « Modifier nom » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

(3) Reprend les tâches « Choisir thème général », « Saisir descriptif », « Saisir les numéros de vitrine » et « Ajouter des objets » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

(4) Résultat du but « Modifier le contenu d'une vitrine » (voir plus loin)

Figure B-2 Graphe d'enchaînement (salle)

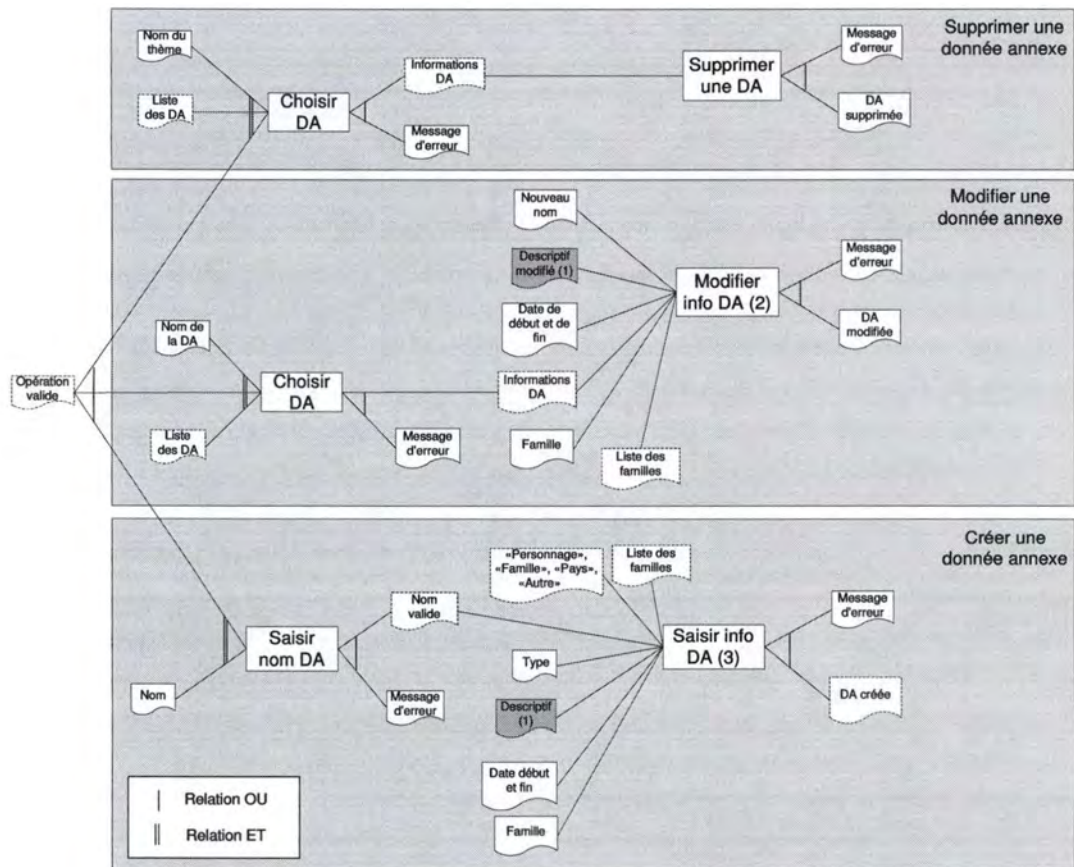
Schéma THEME



- (1) Résultat du but « Saisir/modifier descriptif » (ce diagramme est repris dans la section 4.2.2)
 (2) Reprend les tâches « Modifier emplacement », « Modifier descriptif », « Ajouter/supprimer des objets » et « Modifier nom » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.
 (3) Reprend les tâches « Choisir type », « Choisir emplacement », « Saisir descriptif » et « Ajouter des objets » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

Figure B-3 Graphe d'enchânement (thème)

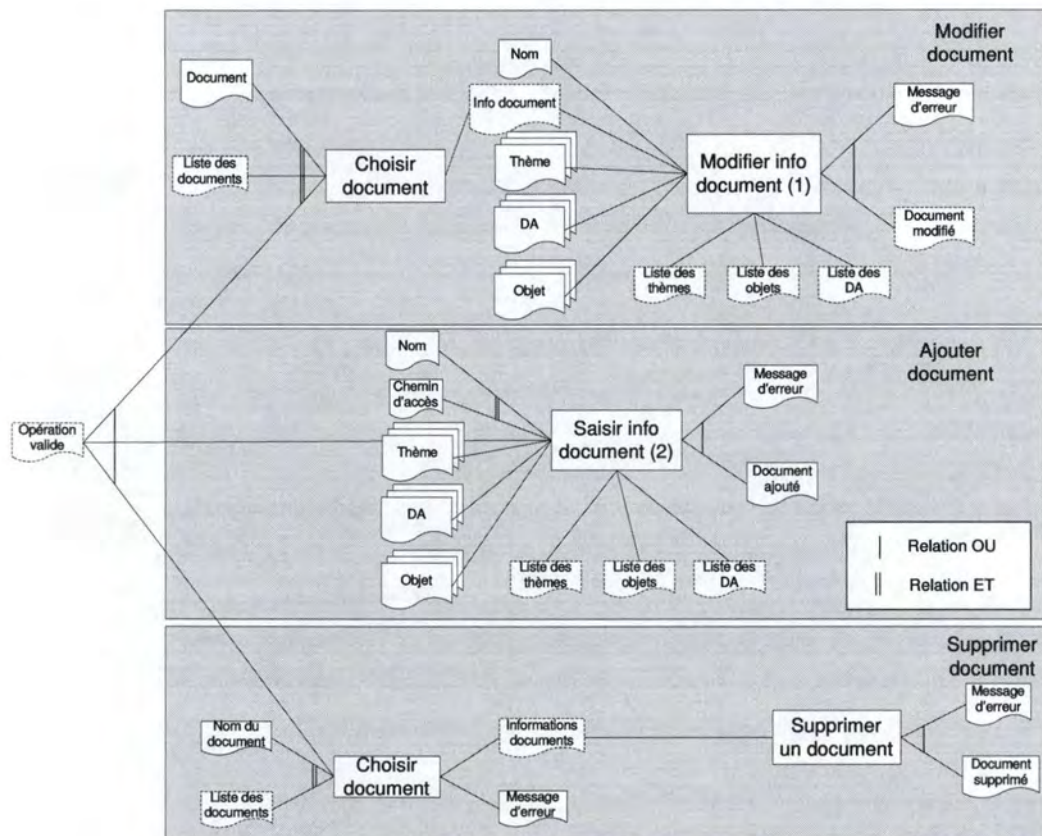
Schéma *DONNEE ANNEXE*



(1) Résultat du but « Saisir/modifier descriptif » (ce diagramme est repris dans la section 4.2.2)
 (2) Reprend les tâches « Modifier nom », « Modifier descriptif », « Modifier date » et « Modifier famille » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.
 (3) Reprend les tâches « Choisir type », « Saisir date », « Saisir famille » et « Saisir descriptif » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

Figure B-4 Graphe d'enchaînement (donnée annexe)

Schéma DOCUMENT



- (1) Reprend les tâches «Modifier nom » et « Modifier liste objets/thèmes/DA liés » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.
- (2) Reprend les tâches « Choisir type », « Saisir nom », « Saisir chemin d'accès » et « Choisir objets/thèmes/DA à lier » de l'arbre des buts pour des raisons de visibilité.

Figure B-5 Graphe d'enchaînement (document)

Schéma PLAN

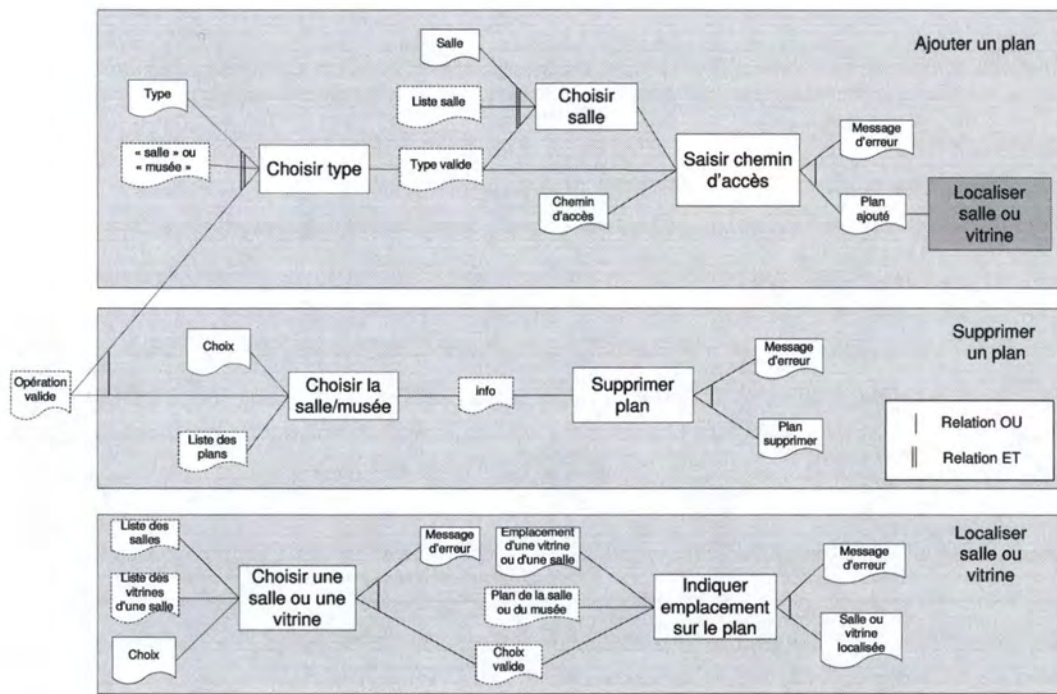


Figure B-6 Graphe d'enchaînement (plan)

Schémas Complémentaires

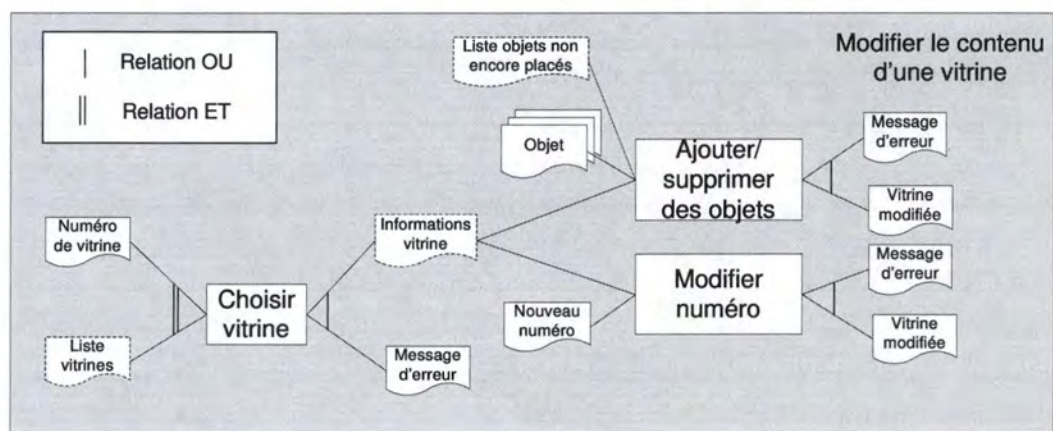
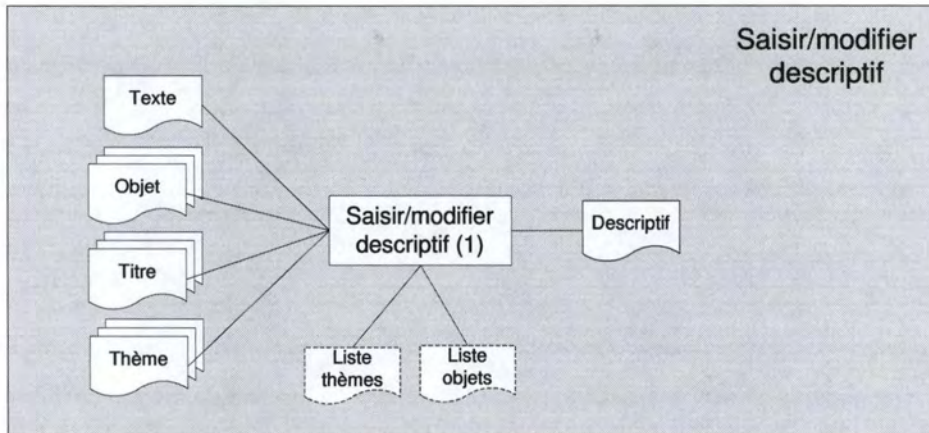


Figure B-7 Graphe d'enchaînement (vitrine)



(1) Reprend les tâches «Saisir texte », « Insérer des liens vers des objets », « Insérer des liens vers des thèmes » et « Insérer des titres » de l'arbre des tâches

Figure B-8 Graphe d'enchaînement (descriptif)

Annexe C: Base de données

Description des tables

- La table *salle* représente une salle du musée. Son identifiant est un numéro. Le champ Nom est un attribut multivalué permettant de nommer la pièce en fonction d'une langue. Ce même procédé est employé pour toutes les données dont le nom doit pouvoir être donné dans une autre langue c'est à dire dans les entités *thème*, *objet*, *donnée annexe*, *catégorie*, *type* et *document*. L'attribut multivalué Coordonnée enregistre une suite de points permettant de placer la salle dans le musée. L'attribut plan est le chemin d'accès de l'image du plan.
- La table *vitrine* représente une vitrine d'une salle. Elle nous permet de grouper les objets en fonction de leur appartenance à une certaine vitrine. Cependant, comme certains objets ne sont pas exposés dans une vitrine, nous avons préféré utiliser une vitrine spéciale plutôt que de lier salle à objet. Ainsi, la vitrine numéro 0 contiendra les objets exposés dans la salle à laquelle la vitrine appartient. Tout comme la table *salle* possédait un attribut coordonnée lui permettant de la placer sur le plan du musée, la table *vitrine* possède un attribut coordonnée afin de la placer dans le plan d'une salle. De manière à pouvoir donner une représentation en 2D de la vitrine aux visiteurs, un attribut plan comprenant le chemin d'accès de l'image du plan de la vitrine est employé.
- La table *entité* est le sur-type des tables *thème*, *objet* et *donnée annexe*. Elle permet d'alléger le schéma puisque tous ces sous tables devaient pouvoir être liées entre elles et à la table *document*. Elle comprend un numéro pour l'identifier ainsi qu'une liste de noms.
- La table *thème* représente un thème général d'une salle, un sous thème ou un parcours thématique. L'attribut type, qui est un simple booléen, permet de distinguer les parcours thématiques des autres thèmes.
- La table *objet* représente un objet de la collection du musée (exposé ou en réserve).
- La table *donnée annexe* reprend les différentes entités de type personnage, pays, famille et divers. Elle sert à stocker toutes les informations que l'on veut et qui n'ont pas spécialement de lien avec « l'existant du musée ». Le type divers représente n'importe quelle donnée que le musée veut créer (armée, profession, ...). C'est donc un type générique. Il peut également servir de thésaurus.
- La table *document* représente un média pouvant prendre la forme d'une vidéo, d'un fichier son, d'une image ou d'un texte. Il est donc subdivisé en les entités *texte*, *vidéo*, *son* et *image*. Les textes et les images sont caractérisés par un niveau en fonction de l'élément qu'ils décrivent ou illustrent.
- La table *personnel* stocke les renseignements sur le personnel.
- La table *utilisateur* représente un utilisateur inscrit.
- La table *Type* représente un type d'un objet.
- La table *Catégorie* représente une catégorie d'objet.

Description des relation

- La relation *est dans* entre salle et vitrine exprime le fait qu'une vitrine se situe dans une salle.
- La relation *est illustrée par* entre salle et thème indique qu'une salle peut comporter un thème général ainsi que des parcours thématiques.
- La relation *est décrit par* entre salle et document exprime le fait que le descriptif de la salle est stocké dans un fichier texte et que son URL se trouve dans un « document texte » (avec l'attribut niveau mis à 1).
- La relation *illustre* entre entité et document sert à lier des descriptifs ainsi que tous autres documents à des entités.
- La relation *se trouve dans* entre vitrine et objet lie les objets à la vitrine dans laquelle ils sont exposés.
- La relation *appartient au* entre thème et objet signifie qu'un objet appartient à un thème ou à plusieurs parcours thématique.
- La relation cyclique *est composée de* exprime la relation entre l'objet composé dans son entièreté et les objets qui le composent.
- La relation *à pour type* entre objet et type exprime qu'un objet possède obligatoirement un type.
- La relation *appartient à* entre type et catégorie sert à regrouper les types entre eux.
- La relation *est subdivisée en* entre catégorie et catégorie exprime le fait qu'une catégorie puisse contenir des sous catégories.
- La relation cyclique *est divisé en* indique qu'il y a une relation hiérarchique entre thèmes.
- La relation *retranscrit* exprime qu'une vidéo ou un son peut être transcrite dans un texte.
- La relation cyclique *Est liée à* exprime le fait qu'une entité peut être liée à n'importe quelle autre entité.
- La relation *Est un favoris de* entre utilisateur et entité exprime le fait qu'un utilisateur a choisi une entité comme favoris.

Annexe D: PHP et la sécurité

Options de contrôle des ressources allouées à un script PHP :

Tableau D-1 Options de contrôle des ressources allouées à un script PHP

Nom du paramètre	Description	Sécurité
Max_execution_time	Permet de définir un temps maximum d'exécution pour un script.	Permet d'éviter à des scripts de monopoliser les ressources du serveur.
Memory_limit	Permet de contrôler la quantité maximale de mémoire que peut utiliser un script pour s'exécuter.	Permet d'éviter de subir des attaques de type Buffer Overflow ⁷¹ .
Upload_max_file_size	Permet de contrôler la taille maximale des fichiers en upload.	

Options de contrôle de l'accès au système de fichier du serveur (en fonction de l'emplacement et des utilisateurs) :

Tableau D-2 Options de contrôle de l'accès au système de fichier du serveur

Nom du paramètre	Description	Sécurité
Safe_mode	Permet à PHP d'imposer des restrictions au niveau de la sécurité plus fortes que dans le cas d'une configuration normale.	Permet de ne pas ouvrir, modifier, effacer ou exécuter un fichier qui n'appartient pas au propriétaire du script.
Safe_mode_exec_dir	Si l'option Safe_mode est activée, force PHP à exécuter des scripts qui proviennent d'un certain répertoire.	Permet d'éviter que certains scripts malveillants exécutent system ⁷² ou d'autres fonctions exécutant des programmes systèmes.
Open_basedir	Définit les fichiers accessibles par PHP.	Permet de contrôler l'emplacement des fichiers ouverts par un script PHP et en refuser l'accès s'il n'est pas dans l'arborescence définie.
Upload_tmp_dir	Définit le répertoire où sont stockés les fichiers en upload.	
Doc_root	Permet de définir le dossier racine de PHP.	Avec le Safe_mode activé, permet d'être sûr qu'aucun fichier en dehors de ce dossier ne sera accessible et qu'aucun script

⁷¹ Son fonctionnement est de faire cracher un script en écrivant dans une zone mémoire utilisée par celui-ci plus qu'elle ne peut en contenir afin de remplacer des portions de code valides par des données utiles à l'exploitation frauduleuse du script.

⁷² system() est une fonction PHP qui exécute un programme externe et affiche le résultat.

		ne sera exécuté.
User_dir	Permet de définir le répertoire où sont stockés les fichiers PHP d'un utilisateur.	Avec le Safe_mode activé, permet d'activer l'accès aux fichiers PHP d'un utilisateur et pas seulement les fichiers présent dans le répertoire racine.

Options de gestion du code :

Tableau D-3 Options de gestion du code

Nom du paramètre	Description	Sécurité
Error_Reporting	Permet de fixer le niveau du rapport d'erreur PHP lors du développement d'un script ou en production.	Permet d'éviter des erreurs qui pourraient entraver la sécurité d'un script.
Display_errors	Permet d'afficher ou non les erreurs.	

Une option de configuration nécessite une attention plus particulière. Il s'agit de la variable `register_globals`. Elle active l'enregistrement des variables Environnement, GET, POST, Cookie, Serveur en tant que variables globales. Ainsi, une variable `$var` sera accessible directement dans le script indépendamment du fait qu'elle provienne d'un cookie ou d'un formulaire par exemple. Des problèmes de sécurité peuvent se produire étant donné que n'importe qui peut injecter des variables dans un script avec des valeurs pouvant s'avérer dangereuses par la suite. La version 4 de PHP met donc dorénavant par défaut le paramètre `register_globals` à `false` et sa configuration manuelle ne sera vraisemblablement plus possible dans les versions à venir.

Pour les autres options de configuration possible de PHP, nous vous conseillons de vous référer à sa documentation (référence).

Annexe E: Code

Fichiers PHP

Tableau E-4 Fichier de code d'accès à la BD

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
AccesBD.php	1106

Tableau E-5 Fichiers de code effectuant les traitements

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
Entite.Class.php	1334
DA.Class.php	770
Document.Class.php	447
Musee.Class.php	139
Objet.Class.php	660
Personnel.Class.php	70
Plan.Class.php	109
Salle.Class.php	446
Theme.Class.php	712
Visiteur.Class.php	435
Vitrine.Class.php	297
TOTAL	5419

Tableau E-6 Fichiers de code générant les IHM

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
index.php	580
Document.php	20
Theme.php	468
Objet.php	391
DA.php	263
Vitrine.php	62
Salle.php	314
Formulaire.php	167
Recherche.php	147
6 fichiers php gérant les menus	520
30 fichiers php gérant les IHM de l'encodage	3406
Autres fichiers php (5)	713
TOTAL	7048

Fichier javascript

Tableau E-7 Fichier javascript

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
Javascript.js	1260

Feuilles de styles

Tableau E-8 Fichiers ccm

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
ccm.css	60
ccm-green.css	60
ccm-red.css	60
ccm-blue.css	60
ccm-purple.css	60
TOTAL	300

Documents

Tableau E-9 Fichiers de code du module IHM (fichiers svg)

Nom du fichier	Nombre de lignes de code
PlanSalle.svg	214
PlanMusee.svg	2160
TOTAL	2374

Remarque : les fichiers utilisés pour la partie PDA ne sont pas repris dans cette annexe.

Exemple de code PHP

A titre d'illustration, voici les procédures permettant de rechercher les données annexes au sein d'un descriptif. Ces procédures présupposent l'existence d'un tableau contenant les données annexes triées par ordre décroissant (\$this->TabDA).

Tout d'abord, la fonction « getLiensDA » enlève les balises « <lien> » du descriptif (\$this->Descriptif) et cherche dans le reste s'il y a des données annexes présentes à l'aide de la fonction « getDescriptifRec » qui est présentée par après.

```
function getLiensDA()
{
    $PartieFichier = explode("<lien>", $this->Descriptif);
    $nbr = count($PartieFichier);
    if ($nbr == 1)
    {
        $this->getDescriptifRec($PartieFichier[0], 0);
    }
    else
    {
        $i = 0;
        while ($i < $nbr)
        {
            $this->getDescriptifRec($PartieFichier[$i], 0);
            $i = $i + 2;
            $this->getDescriptifRec($PartieFichier[$i], 0);
            $i = $i + 2;
        }
    }
}
```

La fonction « getDescriptifRec » parcourt un string reçu en argument en cherchant s'il contient la donnée annexe présente à la position « \$indice » du tableau \$this->TabDA qui contient toutes les données annexes triées par ordre alphabétique DECROISSANT. Si elle l'a trouvée, elle la mettra dans le tableau \$TabDApresente afin de pouvoir la lier par après en bd.

```
function getDescriptifRec($Fichier2, $indice)
{
    $PartieFichier = explode($this->TabDA[$indice][0], $Fichier2);
    $nbr = count($PartieFichier);
    $nbrTab = count($this->TabDA);
    if ($nbr == 1)
    {
        if (($indice + 1) < $nbrTab)
        {
            $this->getDescriptifRec($PartieFichier[0], $indice + 1);
        }
    }
    else
    {
        if (($indice + 1) < $nbrTab)
        {
            $i = 0;
```

```

        while ($i < $nbr)
        {
            $this->getDescriptifRec($PartieFichier[$i], $indice+1);
            if ($i+1 != $nbr)
            {
                $this->TabDApresente[] = $this->TabDA[$indice];
            }
            $i = $i+1;
        }
    }
    else
    {
        $j=0;
        while ($j < $nbr)
        {
            if ($j+1 != $nbr)
            {
                $this->TabDApresente[] = $this->TabDA[$indice];
            }
            $j = $j+1;
        }
    }
}

```

Exemple de code SVG

Egalement à titre illustratif, voici une très brève partie du fichier PlanMusee.svg. Ce fichier commence par énoncer la version de XML utilisée ainsi que la DTD. Ensuite, le fichier svg commence réellement. Le code javascript peut, comme c'est le cas ici, être directement inclus dans le fichier svg à l'aide des balises « `<script><![CDATA[code javascript]]></script>` ». La suite du fichier comprend les formes, animations, textes, ... pouvant être groupés et attachés à des fonctions javascript en fonction des événements détectés (comme un clic sur une zone par exemple).

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.0//EN" "http://www.w3.org/TR/2001/REC-SVG
20010904/DTD/svg10.dtd">
<svg width="750" height="375">
<script><![CDATA[
    var old_style="";
    function afficher(evt,cible)
    {
        svgdoc=evt.getTarget().getOwnerDocument();
        objet=svgdoc.getElementById(cible);
        objet.setAttribute("style","font-family:@Arial Unicode MS;visibility:visible");
    }
    function effacer(evt,cible)
    {
        svgdoc=evt.getTarget().getOwnerDocument();
        objet=svgdoc.getElementById(cible);
        objet.setAttribute("style","font-family:@Arial Unicode MS;visibility:hidden");
    }
}

```



```

]]></script>

<g id="s1" onmouseover="afficher(evt,'salle1')"
  onmouseout="effacer(evt,'salle1')">
  <a xlink:href="Salle/Salle.php?Lang=FR&Identifiant=1">
    <polygon points="254.927,235.38 270.594,243.713 248.761,276.047 234.094,267.88"
      style="fill:rgb(243,188,250);stroke:rgb(0,0,0);stroke-width:0.5"/>
    <polygon
      points="228.385,238.047 228.844,250.671 213.661,273.747 206.636,270.088"
      transform="translate(42.2222 6)"
      style="fill:rgb(243,188,250);stroke:rgb(0,0,0);stroke-width:0.5"/>
    <polygon points="110.328,366.138 115.393,368.977 109.901,376.258"
      transform="translate(127.333 -96)"
      style="fill:rgb(243,188,250);stroke:none;stroke-width:1"/>
  </a>
</g>

<g id="salle1" style="visibility:hidden">
  <text x="338px" y="57px" transform="translate(4 4) translate(-1 0) translate(-1 0) translate(1 0)
    translate(-1 0) translate(0 1) translate(0 1) translate(0 1) translate(0 1) rotate(1 410.688 50.9747)
    rotate(-1 410.588 51.0229) rotate(1 410.688 50.9747) rotate(-1 410.588 51.0229) rotate(1 410.688
    50.9747))"
    style="fill:rgb(0,0,0);font-size:17;font-family:@Batang">Les Tresors de la</text>

  <text x="350px" y="87px" transform="translate(-16 -5) translate(0 4) translate(-1 0) translate(0 -1)
    translate(0 -1) translate(0 -1) translate(0 -1) translate(0 1) translate(0 1) translate(10 0)
    style="fill:rgb(0,0,0);font-size:17;font-family:@Batang">Russie Imperiale</text>

  <rect x="250" y="30" width="238" height="73"
    transform="translate(11 62) translate(-3 -74) translate(15 21) translate(-32 1) translate(9 -7)
    translate(-1 0) translate(1 0) translate(0 0)"
    style="opacity:0.61;fill:rgb(243,188,250);stroke:none;stroke-width:1"/>

  <image x="254" y="33" width="70" height="67" xlink:href="russe.jpg"
    transform="translate(-68 -17) translate(74 3) translate(6 42) translate(17 -18) translate(-29 -7)"/>
</g>
</svg>

```